

Tartu Ülikool
Geograafia osakond

Bakalaureusetöö loodusgeograafias

**Piirissaare randade iseloomustus, rannajoone muutused ajas ja
selle võimalikud põhjused**


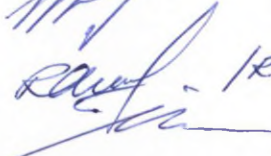
Brit Peensoo

Juhendajad: PhD Tiit Hang
PhD Raivo Aunap

Kaitsmisele lubatud:

Juhendajad:

Osakonna juhataja:


 /R Aunap / 18.05.2009
20.05.09.

Tartu 2009

Sisukord

Sissejuhatus	3
1.Uuringuala loodusgeograafiline ülevaade ja varasem uuritus	4
1.1 Asend, mõõtmed ja uuringuala piiritlemine.....	4
1.2 Loodusgeograafiline kirjeldus	5
1.2.1 Peipsi järve areng liustikuvabal perioodil	5
1.2.2 Piirissaare kujunemine ja geoloogiline ehitus	6
1.2.3 Maastikuline liigestus	8
1.2.4 Hüdroloogia	8
1.2.5 Kliimatingimused	9
1.2.6 Mullastik	9
1.2.7 Taimestik	9
1.2.8 Loomastik	10
1.3 Ajalugu ja elanikkond	10
1.4 Varasem uuritus	11
2. Materjal ja meetodika	13
2.1 Välitööd.....	13
2.2 Kaardimaterjal.....	13
2.3 Meetodika	15
3. Tulemused	17
3.1. Rannakirjeldus	17
3.1.1 Eesti randade klassifikatsioonist.....	17
3.1.2 Piirissaare ranniku üldiseloostus.....	17
3.1.3 Piirissaare randade kirjeldus, randlatüüpide ning nende erimite levik.....	20
3.2 Kaardivõrdlus.....	32
3.2.1 Piirissaar erinevatel kaartidel	32
3.2.2 Rannajoonte võrdlus kaartide põhjal.....	33
3.2.3 Pindalade võrdlus kaartide põhjal.....	34
3.3 Ortofotode võrdlus	35
4. Arutelu	37
4.1 A. Mieleri töö analüüs.....	37
4.1.1 A. Mieleri töö ülevaade	37
4.1.2 L. A. Mellini kaart, 1796. aastast.....	38
4.1.3 C. G. Rückeri kaart, 1839. aastast	40
4.1.4 Vene Kindralstaabi kaart (verstane), u. 1900. aastast.....	41
4.1.5 Analüüsi järeldused.....	41
4.2 Kaardi- ning ortofotode võrdluse analüüs.....	42
4.3 Rannaprotsessid Piirissaarel.....	45
4.4 Saare pindala ja rannajoone muutused ning nende põhjused.....	47
5. Järeldused	49
Kokkuvõte	50
Tänuavaldused	50
Summary	51
Viidatud kirjandus	52
Lisad	56
Lisa 1	56
Lisa 2.....	57
Lisa 3.....	58
Lisa 4.....	59
Lisa 5.....	60

Sissejuhatus

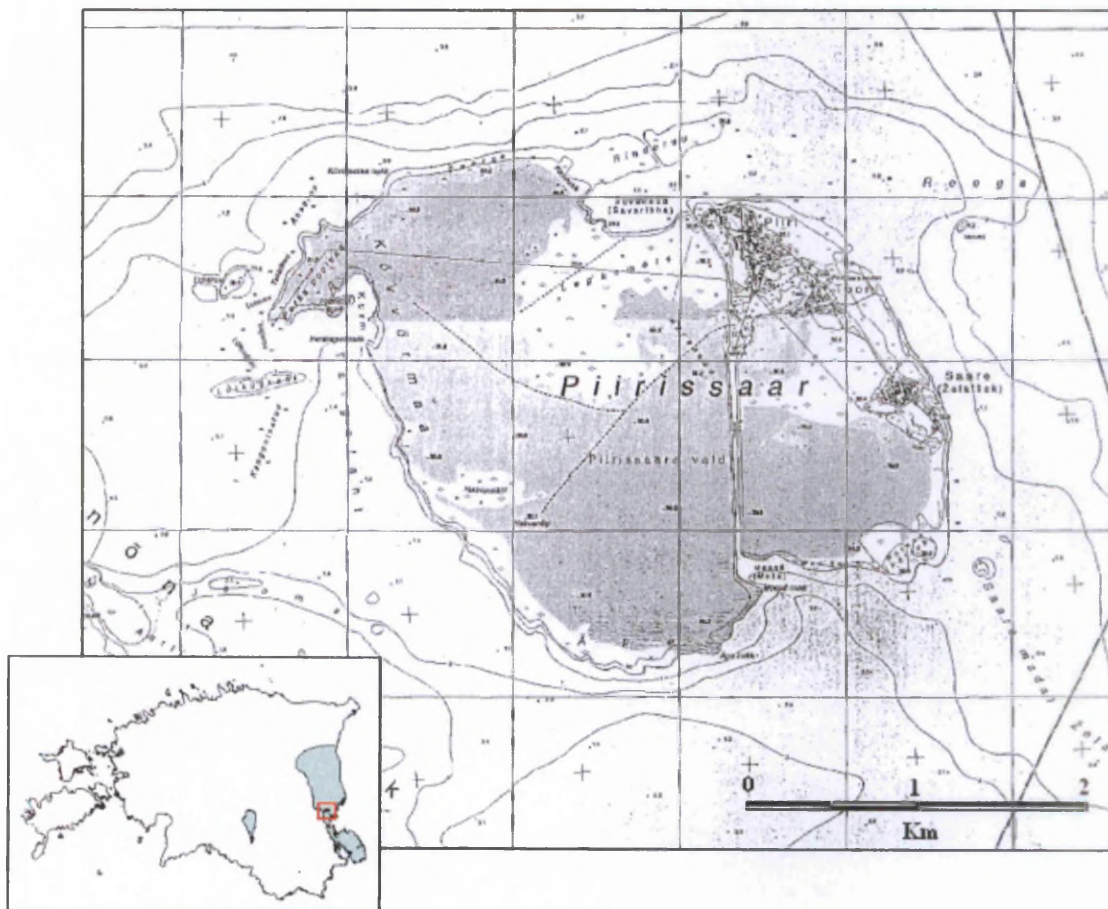
Eesti suurima järvesaare, Piirissaare, pindala on väidetavalt (Mieler, 1926; Kullus, 1967; Tavast & Raukas, 1990; Hang & Miidel, 1999a; Torim, 2004; Miidel, 2008) viimase paarisaja aasta jooksul drastiliselt muutunud – tendents, mida seostatakse maakoore kõikuvliikumistest tingitud Peipsi järve vee aeglase “valgumisega” järvenõo lõunaosa suunas.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on analüüsida Piirissaare pindala ning rannajoone muutusi ajas ja anda hinnang levinud saare pindala vähenemise seisukohale. Eesmärgi saavutamiseks teostati saarel välitöid, mille põhjal koostas autor Piirissaare randade kirjelduse ning randlate klassifikatsiooni. Rannajoone ning saare pindalade võrdluse erinevate kaartide põhjal teostati osaliselt visuaalselt, osaliselt digitaalselt programmis ArcMap. Vaatluste, kirjandusallikate, eriaegsete kaartide ning ortofotode võrdluse põhjal kirjeldati toimuvaid rannaprotsesse ning viimase saja aasta jooksul toimunud saare rannajoone konfiguratsiooni ning pindala muutuste võimalikke põhjuseid nii kaartidel kui looduses.

1. Uuringuala loodusgeograafiline ülevaade ja varasem uuritus

1.1 Asend, mõõtmed ja uuringuala piiritlemine

Piirissaar on Eesti suurim järvesaar, mis asub Ida-Eestis, Peipsi-Pihkva järves, 15 km Emajõe suudmest kagus (Joonis 1). Piirissaar paikneb Peipsi Suurjärve ja Lämmijärve piiril, jagades nende ühenduskoha Eesti väravaks (Piirissaarest läänes) ja Vene väravaks (Piirissaarest kagus) (Eesti Entsüklopeedia, 1994). Piirissaare pindala on 7,82 km² (Arold, 2005), pikkus loodest kagusse u. 4 km, laius põhjast lõunasse 2,5 km (Eesti Entsüklopeedia, 1994). Peipsi nõos, mis hõlmab endas Peipsi Suurjärve, Lämmijärve ja Pihkva järve, asub kokku 29 saart üldpindalaga 25,8 km² (Müügel & Raukas, 1999).



Joonis 1. Piirissaare asendiskeem. Väljavõte Eesti põhikaardist.

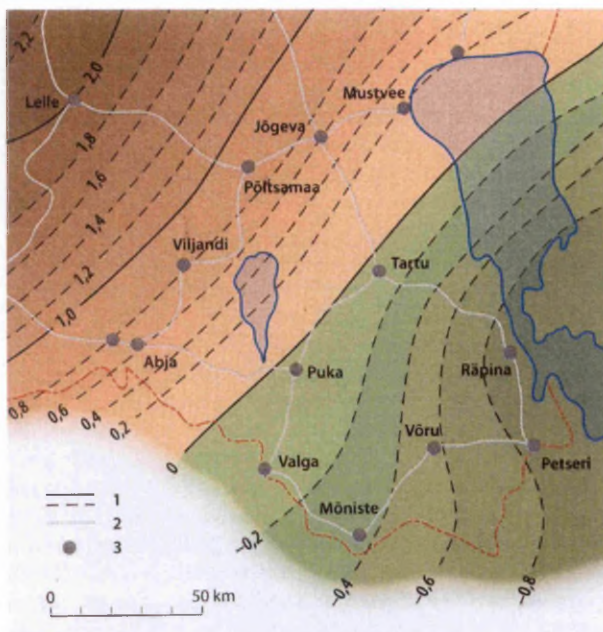
1.2 Loodusgeograafiline kirjeldus

1.2.1 Peipsi järve areng liustikuvabal perioodil

Piirissaare kujunemisest rääkides tuleb esmalt vaadelda üldisemalt Peipsi järve arengut. Arvatakse, et Peipsi nõgu on kujunenud juba enne Kvaternaari ajastut (Шмидт, 1883, Zur Mühlen, 1918, Orviku, 1958, *cit.* Miidel & Raukas, 1999), kuid nõo genees ja kujunemise aeg on endiselt ebaselged (Miidel & Raukas, 1999). Järvenõo geofüüsikaliste uuringute tulemusel järeldatud liustike olulist rolli nõo kujunemisel (Noormets *et al.*, 1998).

Peipsi madaliku maastikurajoon, mille osaks on ka Piirissaar, oli hilisjääajal ja arvatavasti ka Holotseeni alguses üle ujutatud Peipsi varasemate arengujärgkude vete poolt (Arold, 2005). Peipsi nõos kujunenud nn. Peipsi jääpaisjärve arengu algus võis olla umbes 14 700 aastat tagasi, kui jääst vabanes praeguse Pihkva järve lõunaosa (Hang & Miidel, 2008a). Sügav ja laiaulatuslik jääjärv ujutas üle järjest uusi liustiku alt vabanenud alasid. Kui jääserv taandus Laeva-Piirissaare-Knjäzja Gora joonele u. 14 000-13 800 aastat tagasi (Rosentau *et al.*, 2004), oli juba kujunenud ühendus Peipsi ja Võrtsjärve jääjärvede vahel. Sügavaveelised tingimused Peipsi jääpaisjärves lõppesid jääserva taandumisel Soome lahe nõkku, mil veetase alanes sedavõrd, et Peipsi eraldus Balti Jääpaisjärvest (Hang & Miidel, 2008a). Suurjärve põhjaosas kujunes praegusest tunduvalt väiksem veekogu, mis on tuntud Väikese Peipsi nime all (Paykac & Ряхну, 1969, *cit.* Hang & Miidel, 2008a). Minimaalne Peipsi veetase saavutati u. 9100 aastat tagasi, mil järve veetase võis olla u. 22 meetrit üle merepinna (ü.m.p.) (Hang *et al.*, 2008).

Peipsi arengu madalaveelisele perioodile järgnes veetaseme tõus, mis vahelduva intensiivsusega kestab tänapäevani (Hang & Miidel, 2008a). Järve transgressiooni on põhjustanud nii neotektoonilise kerke suurem intensiivsus järvenõo põhjaosas, mis on oluliselt mõjutanud järve sisse- ja väljavoolutingimusi kogu liustikuvabal perioodil kui ka hilisjääaja ja Vara-Holotseeniga võrreldes soojem ja niiskem kliima (Hang & Miidel, 2008a). Peipsi põhjaosa kerkib praegusel ajal kiirusega 0,2-0,4 mm aastas, lõunaosa aga vajub seevastu kiirusega 0,8 mm aastas (Joonis 2). See tingib järve vee aeglase valgumise lõuna suunas. Kuna Peipsi väljavool toimub kõige suurema maakerkega piirkonnas, tõuseb suure tõenäosusega veetase ka järve põhjaosas (Hang & Miidel, 2008a).



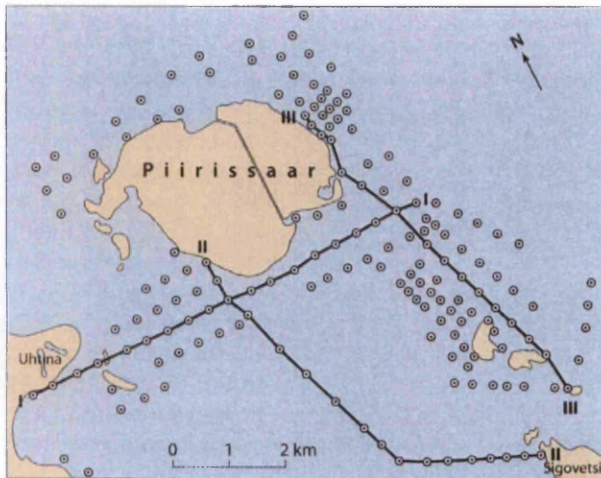
Joonis 2. A. Torimi (1997) koostatud, kordusloodimistel põhinev nüüdisliikumiste skeem (Miidel, 2008). 1 - nüüdisliikumiste isobaasid mm/a, 2 – loodimiskäigud, 3 – põhireeperid.

1.2.2 Piirissaare kujunemine ja geoloogiline ehitus

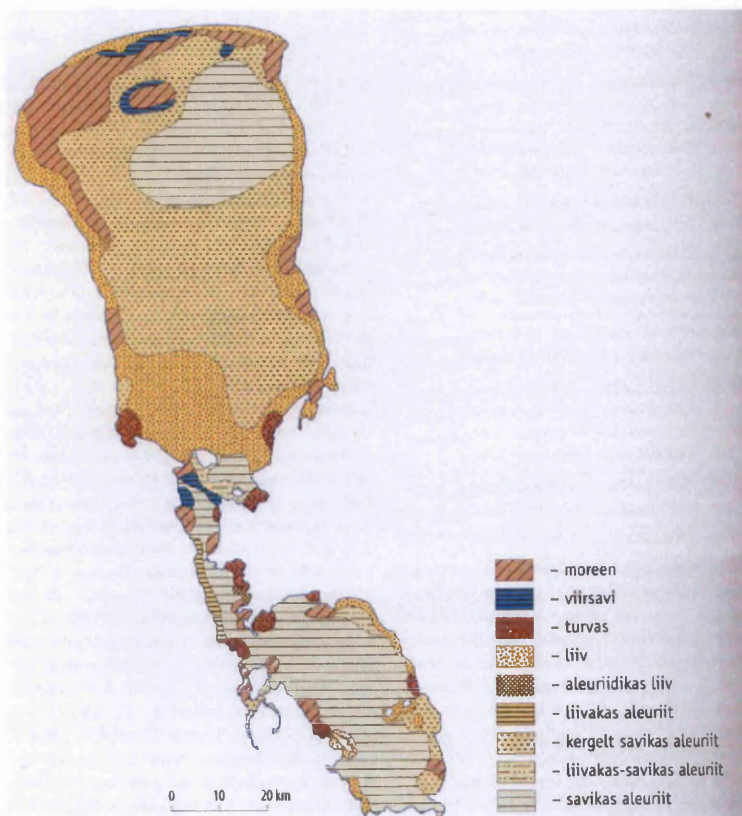
Piirissaare enda genees ja geoloogiline ehitus ei ole täpselt teada. Et saare ümbruse järvepõhjas leidub palju liiva, on pakutud, et tegu võib olla liustikuserva ees kujunenud nn. jääjõelise deltaga (Raukas, 2008a; Paykac & Ряхну, 1969, *cit.* Hang & Miidel, 2008a). Teisalt on oletatud, et tegu võib olla ka otseselt liustiku tegevuse tagajärjel kujunenud, hoopis moreenist koosneva moodustisega, mida katab küllaltki õhuke liivakiht (Hang & Miidel, 1999b). Ehkki kindlamate järelduste tegemiseks oleks vaja teostada lisauuringuid, lubab moreeni pealispinna muutlik kõrgus Piirissaare ümbruses oletada, et tegu on nooremate setete alla mattunud künkliku reljeefi või ebahühtlase kõrgusega moreenseljakuga (Hang & Miidel, 1999b), võimalik, et Piirissaare naabersaared Ozolets ja Stanok, võib-olla ka Piirissaar ise, kujutavad endast moreenreljeefi kõrgemaid osi (Hang & Miidel, 2008a).

Suurjärve lõunaosas ja Piirissaare ümbruses (Joonis 3) on liiva ja kruusa varusid kirjeldatud enam kui 170 puuraugu andmeil, mille põhjal võib eeldada Holotseeni järvesetete väga muutlikku paksust (0,2-9,4 m) (Hang & Miidel, 2008b). Kõige paksemalt on neid leitud kitsastel aladel Piirissaare lõunaranniku lähedal ning Piirissaare ja Uhtina poolsaare vahelisel alal. Seteteks on peamiselt hall kuni kollakashall peeneteraline liiv või aleuriit, milles esineb õhukesi orgaanika vahekihte, karbidetriiti ja suurtaimede jäänuseid

(Hang & Miidel, 2008b). Peipsi põhjasetete kaardilt (Joonis 4) ilmneb, et Piirissaarest põhja pool on põhjasetetes valdavaks liiv, lõunas aga liivakas-savikas aleuriit.



Joonis 3. Piirissaare ümbruses liivavarude määramiseks tehtud puuraukude ning geoloogiliste läbilõigete asukohtade skeem, koostanud E. Valt (1976) (Hang & Miidel, 2008b).



Joonis 4. Peipsi põhjasetete kaart, koostanud A. Raukas ja E. Rähni (1981). Piirissaarest põhja poole jääb liiv, lõuna poole liivakas-savikas aleuriit (Raukas, 2008b).

Piirissaare ja Uhtina poolsaare ümbruses leidub järve põhjas 3,7-9,4 m sügavusel laiguti turvast, mille paksus ulatub 2 meetrini (Valt, 1976, *cit.* Hang & Miidel, 2008b). Turbakiht lasub kohati Holotseeni järveliival, kohati jääjärvelisel savil või moreenil. Detailsemalt

turbakihi levikut, paksust, vanust ning seost järve veetasemete muutustega uuritud ei ole (Hang & Miidel, 2008b). Arvatavasti on tegu lainetuse poolt rannavööndist lahti murtud ja ümber seotatud turbaga (Hang & Miidel, 1999c).

1.2.3 Maastikuline liigestus

Maastikuliselt kuulub Piirissaar Peipsi rannikumadaliku piiridesse (Karukäpp, 2008). Valdavalt on Piirissaarel tegu madalsooga (ligi 90% saare pindalast), mille pind ulatub vaid 60(80) cm üle Peipsi keskmise veetaseme (Arold, 2005). Üldiselt on Piirissaar väga lauge pinnamoega, 2-3 m võrra ümbritsevast kõrgem on vaid saare liivane kirdeosa, kuhu on koondunud kogu asustus: Piiri, Saare ja Tooni külad. Kõrgeim punkt jääb Piiri küla aladele, ulatudes põhikaardi andmetel 35,1 m ü.m.p.

1.2.4 Hüdroloogia

Piirissaar kuulub Eesti suurimasse, Peipsi järve vesikonda, mille pindala on 44 259 km² (Järvet & Arold, 1999). Peipsi järve veetaseme kõrguseks merepinnast loetakse 30 m. Jaani jt. andmetel (2008) on Peipsi järve veetase väga muutlik, kõikudes ligi kolme meetri ulatuses, seejuures madalaim veetase, 28,87 m, on registreeritud 8. novembril 1964, kõrgeim veetase, 31,76 m, aga 12. mail 1924. Peipsi keskmine veetase perioodil 1921-2006 on 29,95 m ü.m.p (Jaani jt., 2008). Peamiselt oleneb Peipsi veerohkus paljuaastases käigus eelkõige atmosfääri tsirkulatsiooni üldisest muutlikkusest Põhja-Atlandil ja Põhja-Euroopas (Jaani jt., 2008).

Piirissaart oma asendi tõttu Peipsi Suurjärve ja Lämmijärve piiril mõjutab suuresti vee liikumine nende kahe veekogu vahel. Valdav vee liikumine läbi Vene värava kulgeb Lämmijärvest Suurjärve suunas, läbi Eesti värava võib aga toimuda mõlemas suunas sõltuvalt konkreetsest aastast (Jaani jt., 2008).

I. Aroldi (2005) andmetel on Piirissaare väga tasastel aladel mulla põhjavesi kõrge, ulatudes kevaditi ja sügiseiti maapinna lähedale. Väikese langu tõttu on vesi, vaatamata liivase pinnase headele filtratsiooniomadustele väheliikuv ning mullad soostuvad.

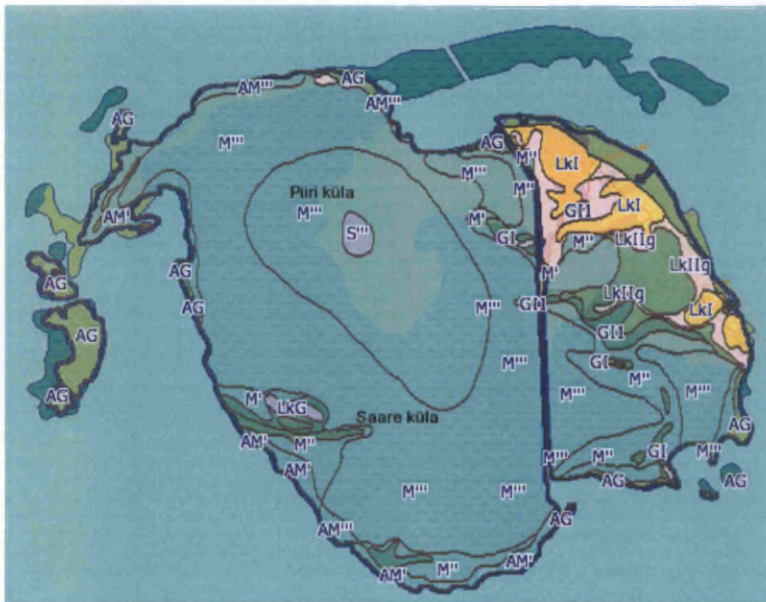
Saarel siseveekogud puuduvad. Saare kaguosas paikneb tugevasti roostunud laguun ning põhja-lõuna suunaliselt läbib saart tehislik kanal, mis koos väiksemate kanalitega saare idaosas on rajatud järvele pääsemise lihtsustamiseks.

1.2.5 Kliimatingimused

Piirissaar kuulub Sise-Eesti kliimavaldkonda. J. Jaaguse (2007) EMHI ilmastikuandmete põhjal koostatud kliimatingimusi kujutavate kaartide põhjal võib Piirissaare kliima kohta järeldada järgmist. Aasta keskmine temperatuur saarel jääb alla 4,5°C, kuu keskmine õhutemperatuur veebruaris on alla -7,0°C, juulis üle 17,0°C. Aasta udupäevade arv on alla 40, keskmine sajupäevade arv on 170-180, seejuures aasta keskmine sademete hulk jääb alla 600 mm. Lumikattega päevade arv aastas on 115-120, lumikatte maksimaalne paksus jääb alla 30 cm. Peipsil valitsevad lõuna-, lääne- ja edelatuuled (Tavast, 2008). Aasta keskmine tuule kiirus 10 m kõrgusel on 6,0-7,0 m/s (Kull, 2007).

1.2.6 Mullastik

Piirissaar kuulub Peipsi soostuvate, soo- ja leetmuldade mullavaldkonda. Saarel on ülekaalus erineva sügavusega madalsoomullad, mis on mõnel pool gleistunud (Joonis 5). Saare kõrgemas kirdeosas levivad nõrgalt leetunud mullad, gleistunud keskmiselt leetunud mullad ja leetjad turvastunud gleimullad.



Joonis 5. Muldade levik Piirissaarel. Väljavõte Eesti mullakaardist (Maa-amet, X-GIS).

1.2.7 Taimestik

L. Laasimeri (1965) Eesti geobotaanilise liigestuse järgi kuulub Piirissaar Emajõe alamjooksu ja Peipsi edelaranniku lammisooade rajooni. Ligi 90% saarest moodustab madalsoo. Kesk- ja põhjaosa soos kasvab lodu-sanglepik (Arold, 2005). Kaldaveetaimestikus on ülekaalus vähenõudlik, sügavalt juurduv, tuultele ja lainetusele

vastupidav harilik pilliroog (*Phragmites australis*) (Mäemets & Mäemets, 1999). Peipsil intensiivistunud roostiku juurdekasv, mida võib eeldada ka Piirissaarel, tähendab ühtlasi ka muutusi kaldavee- ja kaldataimestikus, kuna tihedas ja kõrges roostikus ei jätku enam teistele taimedele kasvuruumi (Mäemets jt., 2008). Liigirikkamateks kohtadeks kaldaveetaimestiku seisukohalt võib Mäemetsa jt. (2008) andmeil pidada tehislikke paadikanaleid.

1.2.8 Loomastik

Piirissaar moodustab ühes Emajõe Suursooga rahvusvahelise tähtsusega linnukaitseala, olles heaks pesitsus- ja toitumisaigaks paljudele linnuliikidele, kuid lisaks ka sobivaks kudemisaigaks kaladele. I. Aroldi andmeil (2005) elutseb Piirissaare lodu-sanglepikus ja rannaroostikes kuut liiki konni ja rohkesti linde. Piirissaare akvatooriumile on iseloomulikud näiteks merivardi (*Aythya marila*) hiigelkogumid - neid linde võib pidada Peipsil võtmeliigiks (Luigujõe jt., 2008). Haruldased kahepaiksed saarel on rohekärnkonn (*Bufo viridis*) ja mudakonn (*Pelobates fuscus*) (Arold, 2005). Seoses kahepaiksete rohkusega on Piirissaar saanud oma teise nimetuse – „Konnaparadiis“ (Mitteametlik Piirissaare lehekülj). Saarel elutseb ka imetajaid, näiteks kopraid ja metssigu.

1.3 Ajalugu ja elanikkond

Kirjalikud allikad Piirissaare (algse nimega Porka saar, vana vene nimega Желачек; 1370 Желачко (Eesti Entsüklopeedia, 1994)) asustamisest puuduvad. Rahvapärimuse järgi oli saar avastatud Peeter I ajal vene vanausuliste poolt, kes põgenesid Venemaa kirikureformi surve eest (Mitteametlik Piirissaare lehekülj). Eesti Entsüklopeedia (1994) andmetel olnud Piirissaare ümbrus Peipsi peamisi vääriskala püügi piirkondi, mistõttu tekkis Tartu piiskopil ja Pihkval saare pärast tüli, mille leppeks saar poolitati (teade aastast 1474). Tsaarivõimu ajal allus Piiri küla Liivimaa kubermangule (Kastre mõisale), ülejäänud külad kuulusid Oudova (Gdovi) maakonda Peterburi kubermangus. 1920. aastal liideti Piirissaar tervenisti Eestiga.

Koguteose Tartumaa (1923) põhjal saab aimu sõjaeelsest ajast, mil Piirissaar oli õitsval järjel. Saarel elas tollal palju elukutselisi kalamehi, kes oma saaki Tartus turustasid, naised korjasid müügiks jõhvikaid. 1922-1923 õppeaastal oli Piirissaare eesti 3-klassilises algkoolis 36 ja vene 4-klassilises algkoolis 126 õpilast, saarel asus laevade peatuskoht

ning kolm kaubapunkti. Tegutses 194 liikmega kalurite ühing "Peipsilaine" ja rahvaraamatukogu-selts. II maailmasõja käigus sai Piirissaar kannatada nii 1944. aasta veebruaris, käies mitmel korral ühe vastase käest teise kätte, kui ka augustis, mil leidsid aset NSV Liidu ründed Saksa tugikohtadele (Eesti Entsüklopeedia, 1994). 1960-ndatel aastatel, mil Piirissaare kolhoos "Säde" ühines suure mandril asuva kolhoosiga, hakkasid noored inimesed saarelt ära minema (Mitteametlik Piirissaare lehekülg). See tendents on jätkunud tänaseni.

Piirissaare vald kuulub Tartu maakonna alla. Saarel paiknevad kolm küla: Saare (vene nimega Желачек), Piiri (Межа) ja Tooni (Тони). Varem saare looderannikul asunud Porka küla hävitasid järve lained ja jää (Helmersen, 1864, *cit.* Mieler, 1926). Praegune asustus paikneb saare idaosas asuval kõrgemal liivasel seljakul. Piirissaarel elab 1.01.2007 seisuga 83 inimest, kelle keskmine vanus on üle 62 aasta (Statistikaamet, 2007), veel 2000. aastal rahvaloenduse ajal elas seal 104 inimest (Statistikaamet, 2000). 1.01.2007 seisuga moodustasid 0-19 aastased napilt 3,61% Piirissaare elanikkonnast, samas kui üle 60-aastased moodustasid 60,24% (Statistikaamet, 2007). Suvel saare elanikkond mitmekordistub küllasõitnud sugulaste ja talvel koolide või töökohtade asukohas elanud saarlaste arvel. Valla elanikkonna valdava enamuse moodustavad arhailise kogukondliku elulaadi ja põliste vene vanausuliste kultuuritraditsioonidega inimesed (Piirissaare arengukava 2006-2013).

1.4 Varasem uuritus

Piirissaare loodust käsitlevad põhjalikumad uurimused seni puuduvad. Käesolevas töös käsitletav Piirissaare pindala muutuste teema aga on leidnud käsitlemist juba alates A.Mieleri 1926. aasta tööst, kus eriaegsete kaartide kõrvutamise teel autor selgitab Peipsi võimalikku pealetungi ja sealt tulenevat Piirissaare pindala vähenemist aastatel 1682 kuni 1900. Mieleri uurimustöö tulemusi, mille järgi on viimase paarisaja aasta jooksul saare pindala vähenenud 20,08 km²-lt 7,59 km²-ni, on aktsepteeritud mitmetes artiklites (Kullus, 1967; Tavast & Raukas, 1990; Hang & Miidel, 1999a; Torim, 2004; Miidel, 2008) illustreerimaks Peipsi vee "valgumist" järvenõo lõunaosa suunas.

1956-1958. aastal võimaliku Jäälahingu paiga otsimiseks toimunud ekspeditsiooni käigus (Karajev & Potressov, 1969) koostati uuringute põhjal ligikaudne Jäälahingu-aegse (XIII

sajandi) Lämmijärve kaart (Lisa 5), mis esitab praeguse Peipsi järve ja Lämmijärve piiril asuvate saarte (Piirissaar, Gorodets, Ležnitsa, Stanok, Voroni saar) tolleaegset võimalikku kuju, illustreerides omakorda selgelt põhjust, miks rahvasuus on säilinud leivalabida vm. eseme vastastikku laenamise motiiv muuhulgas Uhtina ja Piirissaare (Hiemäe jt., 1999), aga samuti ka Piirissaare ja Vene ranna vahel (Mieler, 1926). Et Karajevi ja Potressovi (1969) raamatus toodud XIII sajandi Lämmijärve kaardi näol on tegu pigem vabakäelise skeemiga, millel puudub mõõtkava ning mille täpse teostuse kohta andmed puuduvad, on võimalik selle põhjal teha vaid oletusi.

Kirjandusest on võimalik leida veel mõningaid Piirissaare pindala käsitlevaid andmeid. 1923. aastal J. Rumma poolt tehtud uurimust "Eestimaa järvede ja saarte pindala", kus on toodud pindalad 777 meresaare ja 49 järvesaare kohta, võib lugeda esimeseks peaaegu kõikide Eesti saarte pindalasid käsitlevaks uurimuseks (Pae, 1999). Rumma (1923) viis oma mõõtmised läbi planimeetri abil, võttes aluseks verstakaardi. Piirissaare pindalaks oli tema arvutuste põhjal 7,525 km² (Rumma, 1924). A. A. Sokolovi 1941. aasta andmetel on Piirissaare pindala 7,39 km² (Сокóлов, 1941, *cit.* Kullus, 1967), kuid oma teises monograafias toob Sokolov Piirissaare pindalana välja 7,5 km² (Сокóлов, 1983).

2. Materjal ja metoodika

2.1 Välitööd

2007. aasta septembris viibis autor koos juhendaja Tiit Hangu (TÜ Geoloogia osakonna vanemteadur) ja Jüri Vassiljeviga (TTÜ Geoloogia instituudi vanemteadur) Piirissaarel välitöödel, mille eesmärgiks oli saada ülevaade sealsete randade olukorrast. Välitööde käigus tehti ringkäik piki saare randa, mille jooksul kirjeldati Piirissaare randlat ning seal aset leidvaid rannaprotsesse. Idakaldal Saare ja Tooni külade juures, kus ligipääs järvele oli parem, mõõdistati kaks rannaprofiili. Mõõtmised teostati tahhümeetriga maismaal järve suunas, lõpetades seal, kus nähtavus taimestiku või kauguse tõttu halvenes. Tooni külas tehtud rannaprofiili alguspunktiks võeti riikliku geodeetilise põhivõrgu 3. klassi tihendusvõrgu punkt nr. 772, kõrgusega 32,4 m. Välitööde tegemise ajal oli Peipsi veetase alla pikaajalise keskmise, veepiiri kõrgus arvutuste põhjal oli 29,4 m ü.m.p. Rannaprofiilid joonistati millimeetripaberile valmis käsitsi, hiljem vormistati arvutis programmi CorelDraw abiga. Töö illustreerimiseks ja situatsiooni fikseerimiseks tehti kirjeldatud rannalõikudest autori poolt ka fotod.

Lisaandmete saamiseks viisid Tiit Hang ja Igor Tuuling (samuti TÜ Geoloogia osakonna vanemteadur) 2008. aasta mais saarel läbi veel ühed välitööd, mille käigus teostati lisavaatlusi ning mõõdistati paadist seitse rannaprofiili, osaliselt GPS-i ja lati abiga, osaliselt kajaloega – kaks profiili põhjarannikult, kolm läänerannikult, ühe lõuna suunast ning ühe ladustamisala eest. Mõõtmised algasid olenevalt profiilist kas rannajoonest (1., 2. ja 3. profiil), roostiku servast (4. ja 5. profiil) või mõne meetri kaugusel rannajoonest (6. profiili puhul 4 m, 7. profiili puhul 5 m). Veetase välitööde toimumise ajal oli Tiirikoja Järvejaama andmetel 30,4 m ü.m.p. Saadud andmete põhjal koostas autor hiljem programmi ArcMap abiga rannaprofiilid.

2.2 Kaardimaterjal

Tuvastamaks muutusi rannajoone kujus ning saare pindalas kasutati järgmisi kaarte: Mieleri (1926) töös kasutatud L. A. Mellini kaarti (1796) ning C. G. Rückeri kaarti (1839), Vene kolmeverstast kaarti (u. 1850), Vene üheverstast kaarti (u. 1900), eestiaegset topograafilist kaarti (1930-ndad), Eesti skeemilist kaarti (1940), erinevates mõõtkavades NSV-liidu O-süsteemi kaarte (1947 ja 1977-1981), Eesti baaskaarti (1993-1996) ja Eesti põhikaarti (1997).

Rannajoone ning saare pindala võimalike muutuste jälgimiseks viimase 100 aasta jooksul kasutati võrdluseks kolme kaarti (Tabel 1) – Vene üheverstast (u. 1900), NSV-liidu O-süsteemi kaart (1947) ja Eesti põhikaarti (1997). Kõiki kolme on nimetatud Eesti põhikaartideks (Lankots, 2001). Igaüks neist kaartidest on omal ajal olnud tolle aja kaartidest täpsem ning võimalikult suure mõõtkavaga – üheverstasel 1:42 000, O-süsteemi kaardil 1:25 000 ja põhikaardil 1:10 000 -, lisaks on kaardid koostatud küllaltki võrdsete ajavahemike tagant (umbes 50 aastat).

Kaartide paremaks analüüsimiseks ning diskussiooniks kasutati lisaks ka eestiaegset topograafilist kaarti mõõtkavas 1:50 000, NSV-liidu O-süsteemi kaart mõõtkavas 1:50 000 ja Eesti baaskaarti mõõtkavas 1:50 000 (Tabel 1). L. A. Mellini ning C. G. Rückeri kaartidega tutvuti lähemalt A. Mieleri (1926) töö analüüsiks andmete usaldatavuse seisukohalt. Vene kolmeverstast kaarti otsustati võrdluseks mitte kasutada selle väikese mõõtkava (1:126 000) tõttu, lisaks ei ole antud kaart koostatud mitte topograafiliste mõõtmiste varal, vaid kokku pandud mitmesugustest kaudsematest maaplaanidest, mida hiljem silma järgi ja täpsemate kaartide põhjal täiendati (Bach, 1924). Eesti skeemiline kaart, mis on tehtud üheverstase kaardi põhjal suurendamise teel, jäi kasutusest välja oma väikese täpsusastme tõttu, arvestades verstakaardi generaliseeritud sisu, aegumust ning lisaks veel suurendamist (Virma, 1995).

Tabel 1. Kasutatud kaardid.

aasta	kaart	mõõtkava	projektsioon
u. 1900	verstane kaart	1:42 000	polüeederprojektsioon
1930-ndad	Eestiaegne topograafiline kaart	1:50 000	Lamberti konformne kooniline projektsioon
1947	NSV-liidu O-süsteemi kaart	1:25 000	Gauss-Krügeri konformne põiksilindriline projektsioon
1977-1981	NSV-liidu O-süsteemi kaart	1:50 000	Gauss-Krügeri konformne põiksilindriline projektsioon
1993-1996	Eesti baaskaart	1:50 000	TM-Balti
1997	Eesti põhikaart	1:10 000	Lambert-EST

Eraldi võrdlus teostati viimase viiekümne aasta kohta, kasutades NSV-liidu aegseid fotoplaane (1950, 1980) ning ortofotosid (1995, 2006), kõik mõõtkavas 1:10 000.

2.3 Metoodika

Kaardivõrdlus teostati programmi ArcMap abiga. Kasutatavatest kaartidest oli Eesti põhikaart juba ArcMapile sobivas vektorformaadis, teised tuli vajalikule kujule viia. Rasterkujul Maa-ameti kaardiserverist saadud verstakaart, millele oli taustaks võetud Eesti põhikaart, seoti Eesti 1997. aasta koordinaatsüsteemiga (L-EST) põhikaardi rannajoonte ühitamise teel. Tegevuse täpsus sõltus siinkohal sellest, millise täpsusega olid kaardid Maa-ameti kaardiserveris omavahel seotud. Paberkaardina saadud O-süsteemi (1:25 000) kaart skaneeriti ning seoti kaardivõrgu järgi Pulkovo 1942. aasta koordinaatsüsteemiga. Viimasel kahel kaardil digitaliseeriti rannajoon, seejärel viidi kõik kaardid ühisele geodeetilisele alusele, milleks oli tehnilistel põhjustel Eesti Baaskaardi koordinaatsüsteem (TM-Balti), kuna programmis puudus sisseehitatud konverteerimisvalem Pulkovo 1942. aasta süsteemi ja L-EST süsteemi vahel ning selle loomine ei olnud autori pädevuses.

Lisaks võetud kaartidega toimiti analoogselt. Rasterkujul saadud O-süsteemi kaart mõõtkavas 1:50 000 seoti kaardivõrgu järgi Pulkovo 1942. aasta koordinaatsüsteemiga, eestiaege topograafiline kaart L-EST süsteemiga, baaskaart oli juba ArcMapile sobivas vektorformaadis.

Pindalade mõõtmine viidi samuti läbi programmis ArcMap. Polügonidena digitaliseeritud rannajoonte abil leiti mõõtmiskäsu (Measure) abil Piirissaare pindala erinevatel kaartidel. Neil kaartidel, kus saarest eraldi oli rannajoon lähedal märgitud väikeseid saarekesi, leiti saare pindala nende ja suursaare pindalade summana, kuna tegelikkuses moodustavad need siiski ühtse ala, mida seob roostik. Tulemus saadi ruutkilomeetrites ning ümardati suuruseni kaks kohta pärast koma.

Randla alltüüpide ja erimate ligikaudne levik kilomeetrites mõõdeti programmis ArcMap lõikudena piki põhikaardi rannajoont, roostikuga kaetud või saarekestena eristuvaid alasid antud juhul sisse ei arvestatud. Saadud lõikude pikkused ümardati kahe kohani pärast koma. Võttes arvesse mõõtmisviisi lihtsustatust ning eristatud alltüüpide ja erimate levialade tinglikkust, tuleb saadud pikkusi käsitleda ligikaudsetena; nende eesmärk on pigem näidata iga rannalõigu osakaalu tervikus kui anda reaalseid kvantitatiivseid tulemusi.

Teistel välitöödel mõõdistatud profiilid valmisid digitaalkujul Exceli ja ArcMapi abiga. GPS-iga määratud punktid ning nendes mõõdetud veesügavused kanti Excelisse, kus leiti arvutuse teel punktide kõrgused merepinnast. Saadud punktid kanti koordinaatide abil ArcMapi, andes igale punktile kõrgusväärtused. Programmiliidese 3D Analyst abil interpoleeriti saadud punktikihid kaalutud pöördkauguse meetodil (Inverse Distance Weighted) rastroks, sellelt pinnalt interpoleeriti profiiljooned ning saadi nende põhjal profiiljoonte graafikud.

R. Aunapi soovitusel teostati A. Mieleri töös kasutatud Mellini kaardi juures arutelu illustreerimiseks programmis ArcMap kaardi rektifitseerimis- ehk sobildamiskatseid erinevate kindelpunktide abil, valides transformatsiooni liigiks kohandava teisenduse (Adjust). Kaugeteks tuntud punktideks valiti rektifitseerimisel Võrtsjärve ning Peipsi järve iseloomuliku kujuga kaldaosad, lokaalseteks punktideks Piirissaare ning Meerapalu-Laaksaare ümbruse iseloomuliku kujuga kaldaosad. Saadud tulemuste põhjal digitaliseeriti Piirissaare rannajoon ning mõõdeti pindalad.

3. Tulemused

3.1. Rannakirjeldus

3.1.1 Eesti randade klassifikatsioonist

Tuginedes Kaarel Orviku loodud Eesti randade klassifikatsioonile (Orviku, 1992) kuuluvad kõik Eesti rannikud mõjutavate tegurite ja tekkeloo põhjal lainetuse aktiivsel mõjutusel arenevate rannikute rühma, milles rannajoone liigestatuse (seega nende arenguastme), kulutuse ja kuhje suhte ning geoloogiliste iseärasuste alusel eristatakse allrühmi, neis omakorda veel tüüpe ja alltüüpe.

Rannikupiirkonna reljeefi kallakuse alusel võib kogu Eesti rannikut lugeda laugrannikuks, kus on võimalik eristada järsak- ja lauskrandlat (Orviku, 1992). Sõltuvalt esmase pinnamoe kallakusest, lainetuse poolt mõjutatavate kivimite geoloogilisest ehitusest ja valitsevate rannaprotsesside iseloomust, eristab Orviku (1992) Eesti rannikul järgmisi randlatüüpe: pankrandla, astangrandla, kaljurandla (paerandla), moreenrandla, kruusaveeristikurandla, liivarandla, möllirandla ning tehnorandla. Sõltuvalt randlalõigu orienteeritusest valdava lainetuse suhtes ja lainetuse tegevusele alluvuse kestvusest, määratleb Orviku (1992) ka randlatüüpide erinevaid arengustaadiume: aktiivset, hääbuvat e. raugastuvat ja hääbunud e. raugastunud rannaga randlat.

3.1.2 Piirissaare ranniku üldiseloostus

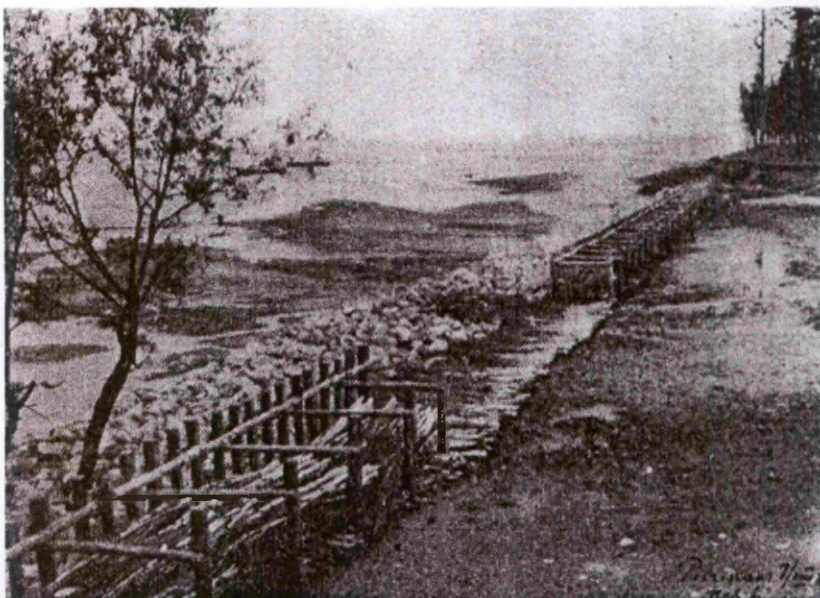
Piirissaare rannikut võiks liigitada Orviku (1992) klassifikatsiooni järgi õgvenevate rannikute allrühma, lähtekivimite iseärasuste järgi esimesse alltüüpi kuuluvaks, sest see alltüüp seostub peamiselt liustikuliste ja liustikujõeliste setetega. Rannajoone õgvenemise protsess on üldiselt veel toimumas, mida näitab kasvõi liivaste maasäärte kuju muutumine. Mõned laugemad ja lainetuse eest paremini varjatud rannalõigud muutuvad seevastu aeglaselt, neis toimub aleuriitsete setete kuhjumine. Primaarse reljeefi kallakuse alusel võib Piirissaare rannikut lugeda laugrannikuks, kus on kujunenud lauskrandla. Rannanõlva kallakuse erinevused on siiski piisavalt suured, et nende põhjal eristada eriilmelisi rannalõike. Piirissaarel levivad laialdaselt akumulatiivsed liiva- ja möllirannad, millede vahelist konkreetset üleminekupiiri on roostikus võimatu määrata, mistõttu edaspidises tekstis on saare randa tervikuna käsitletud kui liivaranda. Tervikuna ilmneb randade arengus hääbumise tundemärke, mis eeskätt avaldub nende kinnikasvamises

ulatuslike roostikega. Mõningatel aktiivsematel rannalõikudel võib aga täheldada praegugi toimuvat aktiivset setete liikumist. Rannasetted koosnevad valdavalt peeneteralisest liivast, milles leidub kohati orgaanikat. Mõnel pool esineb ka vähesel määral aleuriiti. Üldiselt on tegu lauskliivarandlaga, mis on keskmisest rannajoonest kõrgemal enamasti kamardunud, erandlik olukord valitseb vaid maasäärtel saare lääne- ja põhjaosas.

Kuhjerandlaid iseloomustab veealuste liivavallide esinemine, mis hääbuvate ja hääbunud randlate kohal suuremal või vähemal määral kattuvad roostike ja kõrkjastikega (Orviku, 1992). Pea terve Piirissaare rannik on praegusel ajal palistatud pillirooga, mille levikuala laius rannajoone ümbruses varieerub paarikümnest kuni mitmesaja meetrini. Ligipääs rannajoonele on raskendatud nii maismaa kui ka järve poolt ning rand ja madalaveeline järvepõhi on enamasti pilliroogu kasvanud. Peipsi järve põhja-ja läänekaldal toimus 60-70-ndatel intensiivistunud liivarandade kinnikasvamine pilliroo ja kõrkjate leviku näol (Orviku *et al.*, 1990), andmete vähesuse tõttu ei saa konkreetselt Piirissaare rannaala roostumise arengu kohta täpsemaid järeldusi teha. Ehkki võib täheldada roostiku kasvu, ümbritses see Piirissaart juba 1962. aastal, sellele eelnevast ajast aga andmed puuduvad (Mäemets jt., 2008). Samas ei saa eelmainitud andmete põhjal teha järeldusi roostiku ulatuse, vaid üksnes selle leidumise kohta. Toetudes üldistele andmetele Peipsi suurtaimestiku muutuste kohta, võib eeldada taimestikust hõlmatud ala ning ka taimkatte tiheduse märkimisväärt suurenemist (Mäemets & Mäemets, 1999) Piirissaarel. Selle muutuse peamiseks põhjuseks peetakse eutrofeerumist, mida on soodustanud nõukogude ajal tugevasti intensiivistunud inimtegevus, eriti põllumajanduslik ja tööstuslik reostus (Tavast & Raukas, 1990).

Peipsi randadel peamisi muutusi põhjustavateks teguriteks võib lugeda maakoore tektoonilisi liikumisi, muutuvat veetaset, tormilainetuse iseärasusi, rüsi jää toimet ning inimtegevust (Tavast, 2008). Negatiivsele, rannaprotsesse või randade arengut kiirendavale inimtegevusele lisaks, mille mõju ilmneb eelpoolmainitud randade roostumise näol põllumajandusliku ja tööstusliku reostuse tõttu, võib eristada ka positiivset, randade ebasoovitavat arengut pidurdavat inimõju. Lainetuse ja järvejää kulutava tegevuse takistamiseks rajati 1929. aastal Piirissaarel 500 m ulatuses kaldakindlustusi (Vichmann, 1929) (Joonis 6). 1930ndal oli planeeritud kindlustustööde jätkamine Piirissaarel veel 1000 m ulatuses (Vichmann, 1929), tööde toimumise kohta aga

informatsioon puudub (Kullus, 1967). Rajatud kaldakindlustusi on saare idaosas veel praegugi osaliselt märgata (Foto 1).



Joonis 6. Piirissaare kaldakindlustused 1929. aastal (Vichmann, 1929).

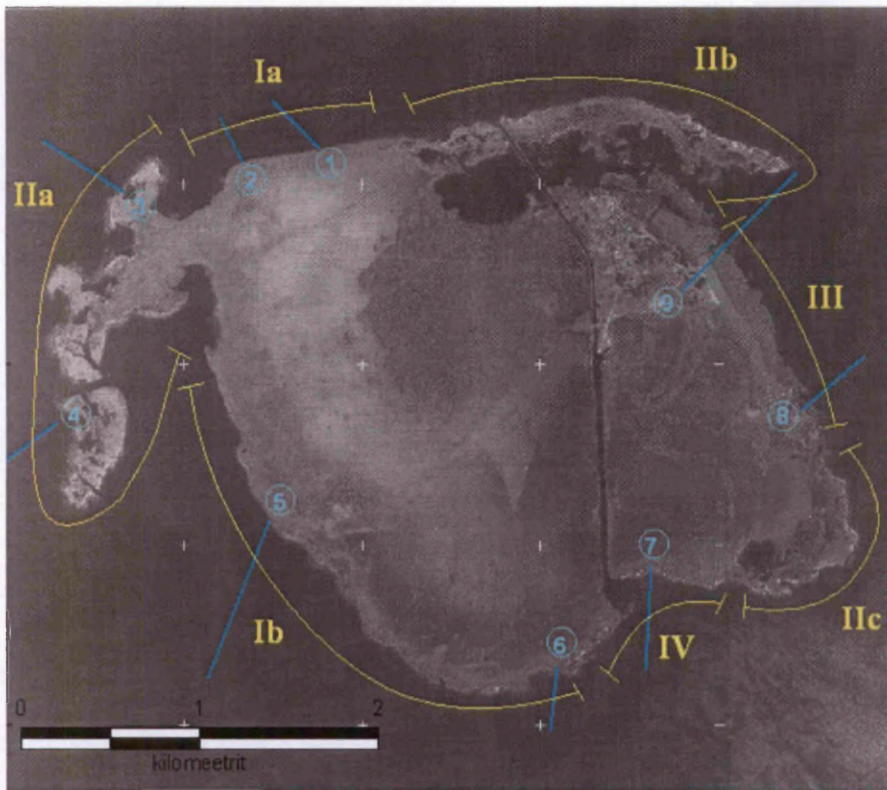


Foto 1. Piirissaare kaldakindlustuste jäänused 2007. aastal.

Kokkuvõtvalt võib järeldada, et Piirissaare randla kuulub tervenisti lauskliivarandla tüüpi, mis keskmisest rannajoonest kõrgemal on kamardunud ja rannajoonega piirnev maismaa ja madalaveeline järveosa on tugevasti roostunud. Vaatamata suhteliselt üheilmelisele randlale on siiski rannanõlva kallakust, kamardumust, pillirooriba laiust või ka inimõju arvesse võttes võimalik Piirissaarel eristada erinevaimelisi rannalõike.

3.1.3 Piirissaare randade kirjeldus, randlatüüpide ning nende erimite levik

Piirissaare randla ja erinevate randlatüüpide ning nende erimite leviku kirjeldus baseerub valdavalt autori välivaatlustel, kasutatud on ka erinevaid kartograafilisi ja kirjandusallikaid. Randlatüüpide alltüüpide ning nende erimite levik on esitatud Joonisel 7 ja kirjeldus Tabelis 2.



Joonis 7. Piirissaare randlatüüpide ja erimite jaotus kantuna 1995. aasta ortofotole. Rooma numbritega tähistatud randla alltüübid ja nende erimid. Araabia numbrite ning joontega märgitud mõõdistatud profiilide asukohad ja suunad.

Randlatüüpide eristamisel oli raske aluseks võtta Eesti randade üldist klassifikatsiooni (Orviku, 1992), sest selle alusel kuulub kogu Piirissaare randla lauskliivarandla tüüpi. Järgnevas klassifikatsioonis on lauskliivarandla tüübis eristatud esmase pinnamoe kallakuse ning inimõju ulatuse põhjal randla alltüüpe, neis omakorda looduslike tingimuste erinevuste (pillirooriba laius, kamardumus, orienteeritus jmt.) põhjal erimeid. Väiksema ulatusega randla alltüüpides, kus märkimisväärseid erinevusi randlalõikude vahel ei esinenud, ei peetud erimiteks jaotamist otstarbekaks. Kuna järsud üleminekud eriilmeliste randlalõikude vahel puuduvad, siis tuleb rõhutada ka esitatud jaotuse, eriti aga üksikute lõikude ulatuse, teatud tinglikkust. Tabelis esinev leviku ulatus on ligilähedane.

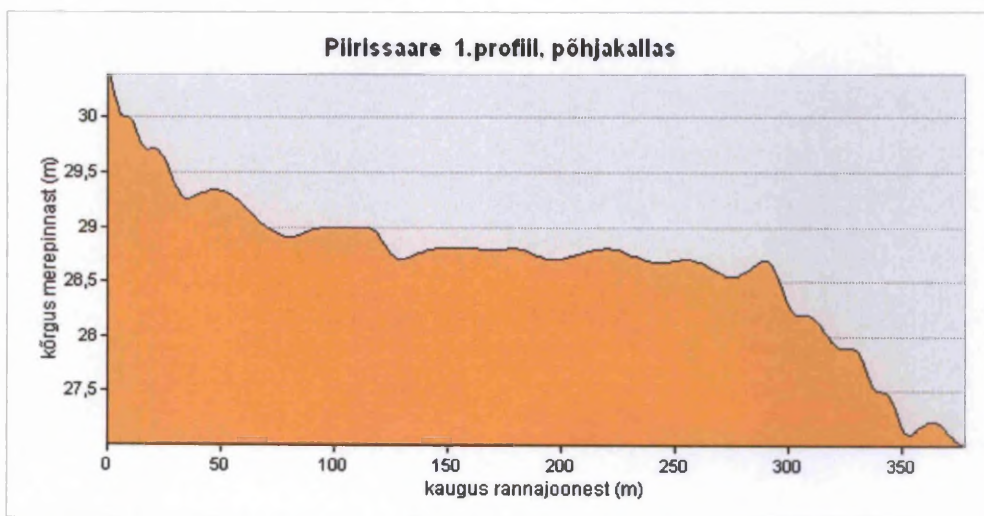
Tabel 2. Piirissaare randlatüüpide ja erimite klassifikatsioon

Randla tüüp	Randla alltüüp, indeks	Erimi indeks	Kirjeldus	Leviku ulatus (km)
Lauskliivarandla	Järsu veealuse rannanõlvaga liivarandla I	Ia	aktiivne liivarand; lainetusele avatud; veealuse rannanõlva kallakus randla alltüüpidest suurim; rannajoonest kõrgemal soostunud ala kõrgete tarnamätastega; rannajoone lähedal kohati madal (0,2m) kamardunud rannaastang; rannajoone lähedal pajupõõsaste võõnd; rannajoone ümbrus ja madalaveeline järveosa roostunud; roostiku ulatus järves 0-20 m; rannajoon looduses küllaltki selgesti eristuv; juurdepääs rannajoonele järvelt hea, maismaalt raskendatud/võimalik.	1,06
		Ib	hääbuv liivarand; paikneb lainevarjus; veealuse rannanõlva kallakus suurem võrreldes IIa, IIb, IIc ja III randla alltüüpidetega, väiksem võrreldes Ia ja IV alltüüpidetega; rannajoont palistab pajuvõsa ja suhteliselt kitsas pillirooriba; vähesema pillirooulutuse ja kõrgema reljeefiga kohtades esinevad madal (0,2m) murrutusastang ja pilliroovallid; keskmisest rannajoonest kõrgemal kamardunud; piiratud levikuga põlispuud paiknevad liivase pinnakattega kõrgemal reljeefiosal; roostiku ulatus järves c 10-20 m; rannajoon looduses küllaltki selgesti eristuv; juurdepääs võimalik nii järvelt kui ka maismaalt.	3,15
	Lauge veealuse rannanõlvaga liivarandla II	IIa	hääbuv liivarand; lainetusele avatud; veealuse rannanõlva kallakus suurem võrreldes IIc randla alltüübiga, väiksem võrreldes Ia, Ib, IIb, III ja IV alltüüpidetega; rannajoone lähedal vaid kohati (Porka poolsaarel) pajupõõsaste võõnd; maasäär, rannajoone ümbrus ja madalaveeline järveosa ulatuslikult roostunud; roostiku ulatus järves paarsada meetrit; rannajoon looduses ei eristu ja kõrgvee ajal maasäär üle ujutatud; juurdepääs nii järvelt kui maismaalt raskendatud.	3,28
		IIb	aktiivne liivarand; lainetusele avatud; veealuse rannanõlva kallakus suurem võrreldes IIa, IIc ja III randla alltüüpidetega, väiksem võrreldes Ia, Ib ja IV alltüüpidetega; rannajoone lähedal pajupõõsaste võõnd v.a. maasääre äärmises idaosas; rannajoone ümbrus ja madalaveeline järveosa ulatuslikult roostunud; roostiku ulatus järves paarsada meetrit; rannajoon looduses ei eristu, juurdepääs nii järvelt kui maismaalt raskendatud; madalaveelise Süvahavva lahe suu sisuliselt kinni kasvanud.	4,95
		IIc	hääbuv liivarand; paikneb lainevarjus; veealuse rannanõlva kallakus randla alltüüpidest väikseim; rannajoone lähedal pajupõõsaste võõnd; keskmisest rannajoonest kõrgemal tugevasti kamardunud; jäänukjärv ja madalaveeline järveosa ulatuslikult roostunud; roostiku ulatus järves paarsada meetrit; rannajoon looduses ei eristu; juurdepääs nii järvelt kui maismaalt raskendatud.	1,22
	Olulise inimõjuga, asustusäärne, lauge veealuse rannanõlvaga liivarandla III		aktiivne liivarand; lainetusele avatud; veealuse rannanõlva kallakus suurem võrreldes IIa, IIc randla alltüüpidetega, väiksem võrreldes Ia, Ib, IIb ja IV alltüüpidetega; rannajoont palistab pajuvõsa ja pillirooriba; roostiku ulatus järves parkümmend kuni mitusada meetrit; vähesema pillirooulutuse ja kõrgema reljeefiga kohtades esineb mõnekümne sentimeetri kõrgune murrutusastang; rannajoon looduses küllaltki selgesti eristuv; olulise inimõjuga ala; juurdepääs üldiselt nii järvelt kui ka maismaalt raskendatud, mõningaid ligipääse on paatidele avatud külade läheduses, kaevatud on ka paar väiksemat lauri kanalit; lainetuse kulutava tegevuse takistamiseks 1930ndatel rajatud kaldakindlustused osaliselt siiaaani märgatavad, paiknevad väljaspool lainetuse mõju tsooni.	1,65
	Olulise inimõjuga, süvendatud järvepõhjaga järsu veealuse rannanõlvaga liivarandla IV		aktiivne liivarand; paikneb lainevarjus; veealuse rannanõlva kallakus teistest randla alltüüpidest suurem, olles väiksem ainult Ia alltüübist; rannajoont palistab pajuvõsa ja suhteliselt kitsas pillirooriba; keskmisest rannajoonest kõrgemal kamardunud; roostiku ulatus järves c 10 m; rannajoon looduses selgesti eristuv; olulise inimõjuga ala; järvepõhi laevatamiseks tugevasti süvendatud; juurdepääs võimalik nii järvelt kui ka maismaalt; kanali suudme lähedal asub Eesti Väravate laevatee süvendamisel eemaldatud süvendusmaterjali ladestusala, mille rajamiseks on järvepõhja rannalähedasel alal täiendavalt süvendatud.	1,65

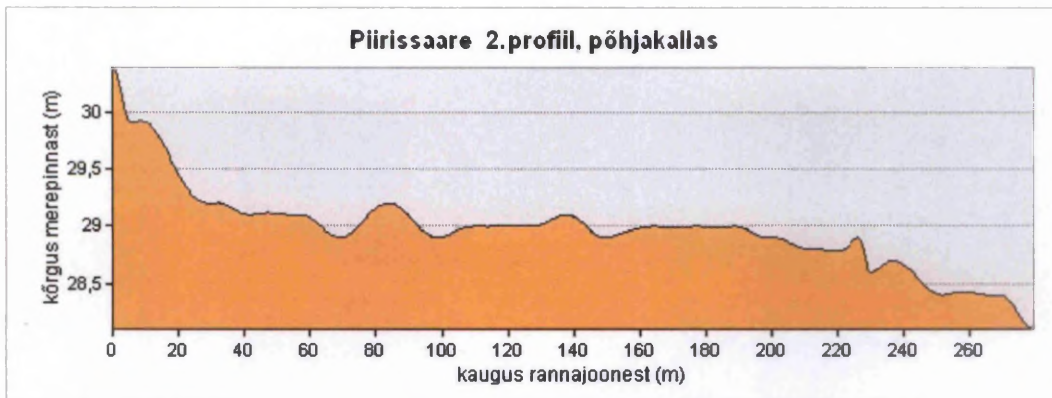
I – Järsu veealuse rannanõlvaga liivarandla alltüüp

See Piirissaare randla alltüüp on levinud saare põhja- ja edelarannikul (Joonis 7). Üldiselt sarnase ilmega randlalõikudel on teatavad erinevused pillirooriba laiuses, kamardumuses, ligipääsetavuses ning orienteerituses lainetuse suhtes, mistõttu peeti oluliseks selle jaotamist kaheks erimiks (Tabel 2).

Saare põhjarannikul esineb lainetusele avatud aktiivselt areneva liivarannaga randla (**Ia**), kus on suure tõenäosusega toimunud kulutusprotsessid; ranna loodusliku ilme järgi otsustades jätkuvad need ka praegu. Veealuse rannanõlva kallakus on arvutuste järgi Piirissaare randla alltüüpidest või erimitest suurim (Joonised 8 ja 9). 3 m samasügavusjoon paikneb 0,3-0,4 km kaugusel keskmisest rannajoonest (siin ja edaspidi mõõdetuna Eesti põhikaardilt). Vaadeldavast randlalõigust edela ja kirde suunas muutub järvepõhi laugemaks. Nendes piirkondades tänapäeval esinevate Porka ja Rinderuu maasäärte kasvamine, lisaks viimase puudumine ajaloolistel kaartidel (Lisad 1, 2, 3) lubavad oletada Ia rannalõigu jätkuvat aktiivset arengut. Järsk veealune rannanõlv soodustab suurema energiaga lainetuse jõudmist rannajooneni ning peeneteraliste liivsetete ärakannet. Viimast järeltust toetab nii kohatine madal rannaastang kui ka järjest suureneva pindalaga maasääred naabruses paiknevates kuhjepiirkondades. Rannajoont selles rannalõigus palistab kitsas pajuvõsa vöönd (Foto 2), väljaspool seda esineb kõrgete mätastega, rannajooneni lähemal väga tiheda pillirooga tarnasoo. Esineb ka lõike, kus pilliroog puudub sootuks.

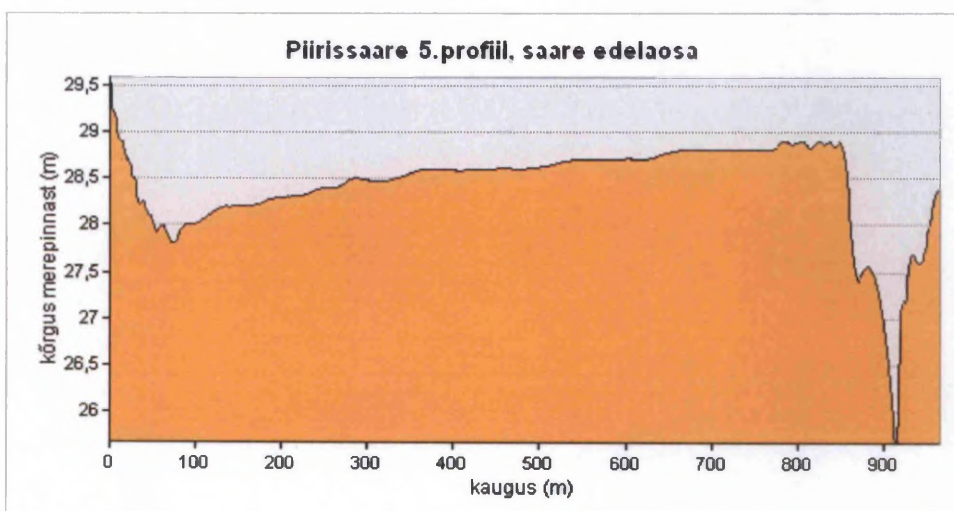


Joonis 8. Piirissaare põhjakaldalt mõõdistatud profiil, asukoht vt. Joonisel 7. Profiil algab rannajoonele.

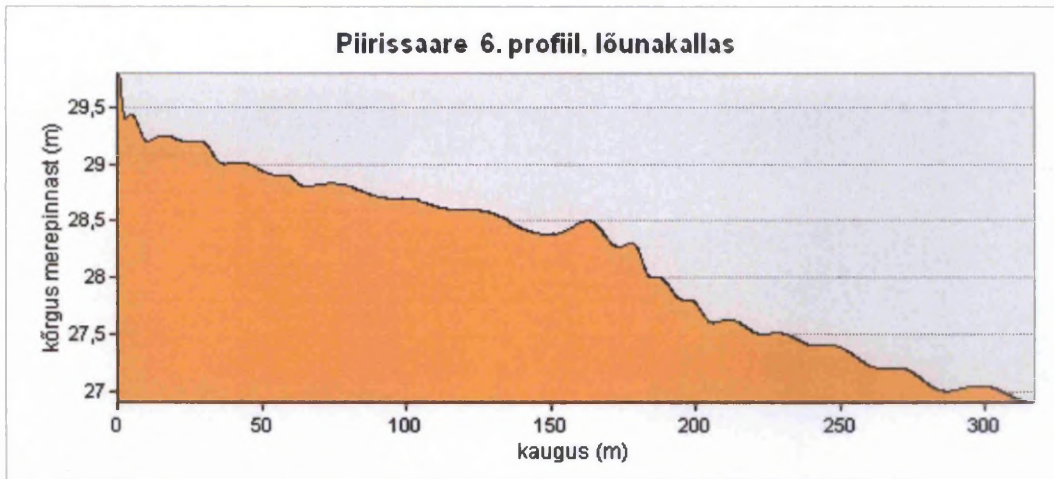


Joonis 9. Piirissaare põhjakaldalt mõõdistatud profiil, asukoht vt. Joonisel 7. Profiil algab rannajoonele.

Saare edelaosas (**Ib**) on tegu hääbuva liivarannaga randlaga, kus rannas aktiivset arengut enam ei toimu. Samas on veelune rannanõlv suhteliselt järsk, millele viitab ka kitsas (vaid mõnekümne meetri laiune) pillirooriba. Veeluse rannanõlva kallakus on suurem võrreldes teiste Piirissaare randlalõikudega, olles väiksem ainult Ia erimist ja IV randla alltüübist (Joonised 10 ja 11). 2 m samasügavusjoon paikneb 0,4-0,8 km kaugusel keskmisest rannajoonest. Mõnel pool on märgata paarikümne sentimeetrist murrutusastangut ja pilliroovalle, kuid seda vaid vähesema pillirooulatusega kõrgema reljeefiga kohtades. Rannajoont palistab pajuvõsa, liivase pinnakattega kõrgemal reljeefiosal paiknevad piiratud levikuga põlispuud (Foto 3). Üldiselt summutab pillirooriba kõrgvee ajal lainetuse. Samuti on oluline selle rannalõigu (**Ib**) paiknemine lainevarjus, mida pakub Porka poolsaar ja selle pikenduseks olev veelune maasäär.



Joonis 10. Piirissaare edelaosast mõõdistatud profiil, asukoht vt. Joonisel 7. Profiil algab roostiku servast, 10 m rannajoonest, ning kulgeb üle Eesti väravate laevatee süviku.



Joonis 11. Piirissaare lõunakaldalt mõõdistatud profiil, asukoht vt. Joonisel 7. Profiil algab rannast 4 m kauguselt.



Foto 2. Erim Ia. Rannalõigul asuvad viltused puud viitavad lainetuse aktiivsele kulutusele rannas.



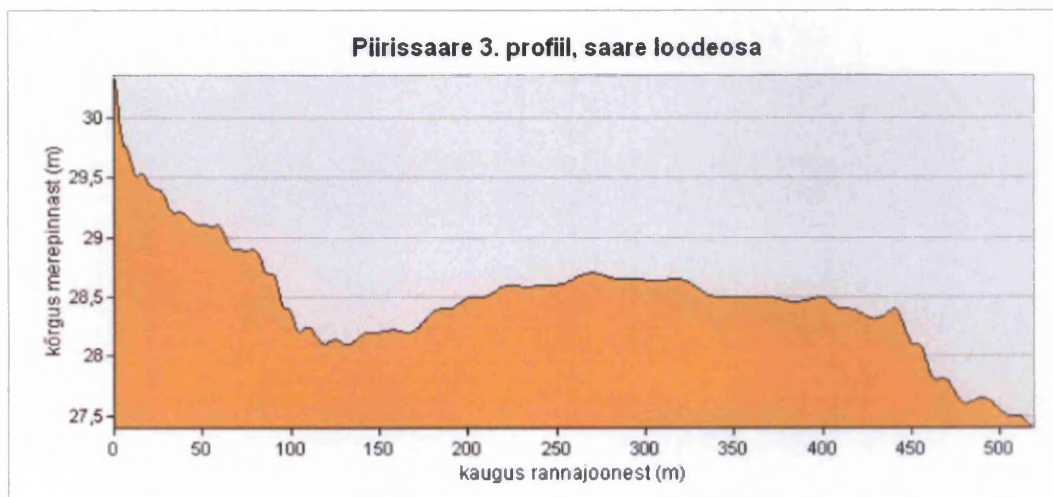
Foto 3. Erim Ib. Rannajoont palistava kitsa pillirooriba taga kasvavad suured pajud.

II - Lauge veealuse rannanõlvaga liivarandla alltüüp

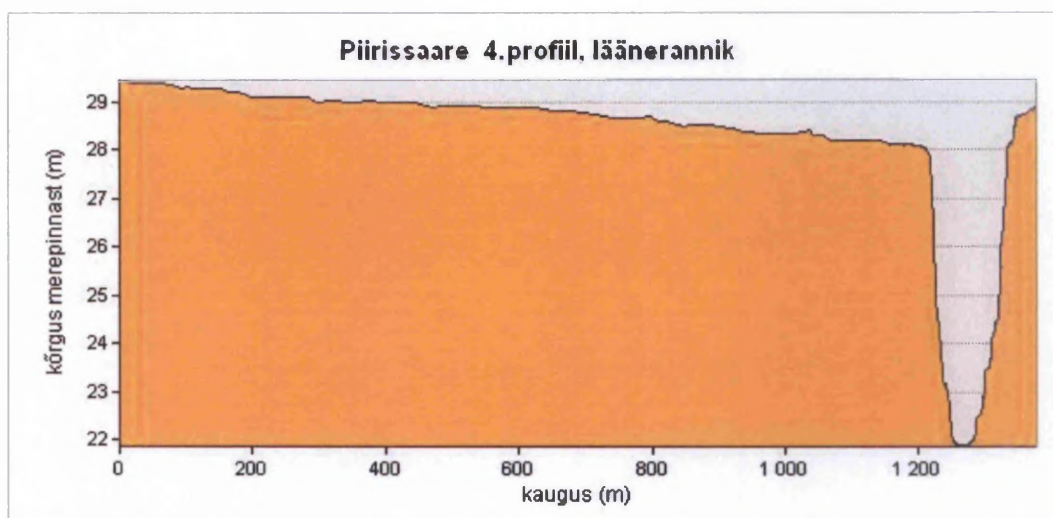
See Piirissaare randla alltüüp on levinud saare kirde-, kagu- ja looderannikul (Joonis 7). Üldiselt sarnase ilmega randlalõigud paiknevad veidi erinevates looduslikes tingimustes, mistõttu peeti oluliseks alltüübi jaotamist kolmeks erimiks (Tabel 2).

Saare looderannikul esineb lainetusele avatud hääbuva liivarannaga randla (erim **IIa**), kus toimub ulatuslik roostumine. Veealuse rannanõlva kallakus on suurem võrreldes IIc erimiga, aga väiksem võrreldes Ia, Ib, Iib, III ja IV alltüüpide või erimitega (Joonised 12 ja 13). 2 m samasügavusjoon paikneb 0,6-1,5 km kaugusel keskmisest rannajoonest. Looderannikul asuval Porka poolsaarel paiknes varem küla, mille asukoht on näha vanematel kaartidel (Lisad 1, 2, 3). Krahv v. Helmersen on rääkinud Porka külast järgmist: “Kui eestlased Piirissaare põhjakaldale madalale luitele oma kuus maja rajasid, siis asusid hooned kaldast üsna kaugel, aga lained purustasid luiteid iga tulva korral nii, et majad 1862. aasta kevadel edasitungiva jää tõttu ohtu sattusid, mistõttu elanikud Mesha külla ümber asusid. Porkat pole sellest ajast peale kunagi taastasustatud” (Helmersen, 1864, *cit.* Mieler, 1926). Vaadeldav randlalõik on väga lauge veealuse rannanõlvaga, sellest kirde- ja kagupool asuvad lõigud palju järsema rannanõlva kallakusega. Selle randlalõigu madal ja lauge järvepõhja reljeef ning ulatuslik roostumus aitavad kaasa peeneteraliste setete settimisele, mille läbi maasäär pikeneb ning roostiku laius järkjärgult kasvab. Roostiku ulatust järves võib hinnata paarisajale meetrile. Rannajoont selles randlalõigus palistab kitsas pajuvõsa vöönd, seda ainult Porka poolsaarel. Selle

pikenduseks oleval maasäärel kasvab vaid pilliroog, mis on kõrge veetaseme korral paadiga hõlpsasti läbitav (Foto 4).



Joonis 12. Piirissaare loodeosast mõõdistatud profiil, asukoht vt. Joonisel 7. Profiil algab rannajoonele.



Joonis 13. Piirissaare läänerannikult mõõdistatud profiil, asukoht vt. Joonisel 7. Profiil algab roostiku servast ning kulgeb üle Eesti väravate laevatee süviku.

Saare kirdeosas (erim **IIb**) asuvas lainetusele avatud aktiivselt areneva liivarannaga randlas toimub samuti ulatuslik roostumisprotsess. Veealuse rannanõlva kallakus on suurem võrreldes IIa, IIc ja III randla leviku piirkondadega, aga väiksem võrreldes Ia, Ib ja IV erimite või alltüüpidega. 2 m samasügavusjoon paikneb 0,3-1,0 km kaugusel keskmisest rannajoonest. Madalaveeline Süvahavva laht on suures osas roostunud, lahesuu on sisuliselt kinni kasvanud (Foto 5). 2006. aasta suvel tehtud ortofoto põhjal (Lisa 4) võib oletada, et veevahetus lahe suudmes toimub veel vaid kanali kaudu, täie kindluse saamiseks tuleks väidet siiski kohapeal kontrollida. Kohalike sõnul ummistub

põhjakaarte tormide korral kanali suue liivaga. Lahepäras asub tarnamätastega madal soo. Saare põhjaosa palistavat Rinderuu maasäart katab osaliselt pajuvõsa, valdavalt aga pilliroog. Rinderuu maasääre eriaegsete kaartide võrdlemisel esiletulev pikenemine annab alust väita, et seal toimub lääne suunast (Ia randlalõigust) transporditud liikuvate peeneteraliste setete akumulatsioon.

Saare kaguosas lainevarjus paiknevas hääbuva liivarannaga randlas (erim IIc) võib roostiku ulatust pidada sama suureks eelneva kahe samasse alltüüpi kuuluva lõiguga. Veealuse rannanõlva kallakus on kõigist Piirissaare randla alltüüpidest või erimitest väikseim. 2 m samasügavusjoon paikneb 0,4-2,4 km kaugusel keskmisest rannajoonest. Randlalõigul asub suur laguun (Foto 6). Roostiku ulatus järves on paarsada meetrit. Ranna ääres leidub pajuvõsa, keskmisest rannajoonest kõrgemal on rannalõik tugevasti kamardunud. Suurtaimestiku rohkuse ja asukoha tõttu lainevarjus võib eeldada, et antud randlalõigul aktiivseid rannaprotsesse ei toimu.



Foto 4. Erim IIa. Porka poolsaare pikendust katab roostik.



Foto 5. Erim IIb. Piirissaare kirdeosas asetsev Süvavahva lahe suu on kinni kasvanud, laht on ulatuslikult roostunud.

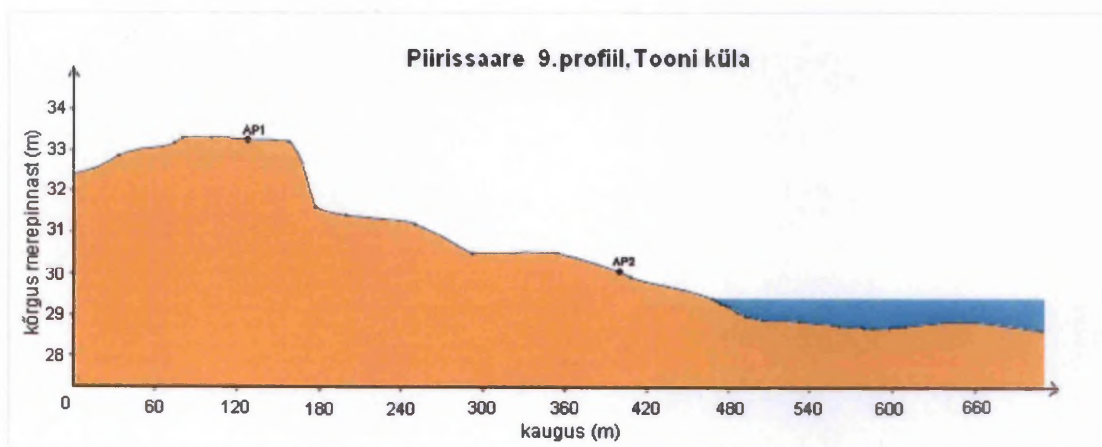


Foto 6. Erim IIc. Randlalõigul asetseb suur laguun, mis on ulatuslikult roostunud.

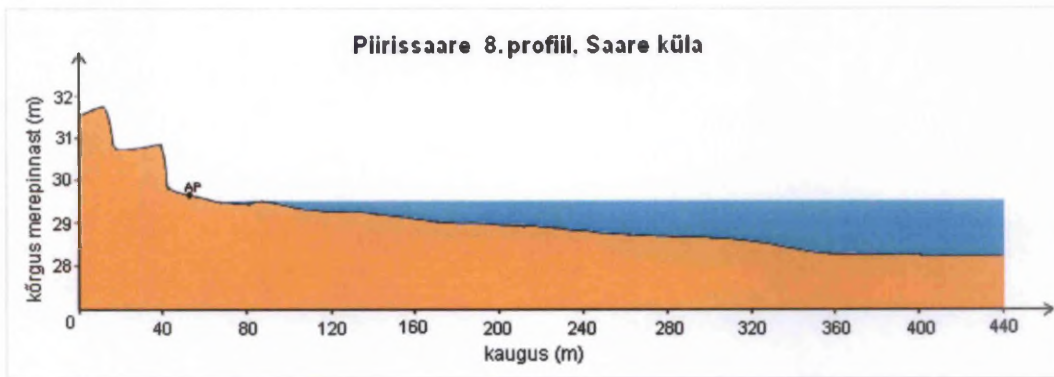
III - Olulise inimõjuga, asustusäärne, lauge veealuse rannanõlvaga liivarandla

Sarnaselt II randla alltüübile on ka saare idaosas asuv randla lauge veealuse rannanõlvaga (Joonised 14 ja 15). Antud randla alltüübi küllaltki väikese ulatuse ning märkimisväärsete erinevuste puudumise tõttu randlalõigul ei peetud otstarbekaks selle jaotamist erimiteks. Tegu on lainetusele avatud aktiivse liivarandlaga, kus on aja jooksul toimunud kulutusprotsessid, mis on aga tänapäeval suuresti asendunud kuhjega, mida näitab tugev roostumine ja lauge rannanõlv. Veealuse rannanõlva kallakus on suurem võrreldes IIa ja

IIc erimitega, aga väiksem võrreldes Ia, Ib, IIB ja IV randla alltüüpide või erimitega. 2 m samasügavusjoon paikneb 0,4-0,6 km kaugusel keskmisest rannajoonest. Vaadeldavast rannalõigust põhja ja lõuna suunas muutub järvepõhi veelgi laugemaks. Randlalõigul varem esinenud aktiivsete kulutusprotsesside takistamiseks 1929. aastal rajatud kaldakindlustusi (Vichmann, 1929; Kullus, 1967) võib saare idaosas osaliselt märgata veel praegugi (Joonis 6 ja Foto 1). Murdlainetuse ja jääsulamisel tekkinud jäätükkide mõjuks on käsitletavas randlalõigus loetud rannajoone nihkumist külade suunas. Selle kohta võib A. Mieleri (1926) tööst lugeda Piirissaarel paiksest elanud kalandustehnik Karsubow'i tsitaati: "Toonike (Toni) küla lähistel on vahetult veepiiril tulvavee poolt ohustatud pappel, mis 33 aasta eest 130 m kaugusel Peipsi kaldast asus; Mesha külas on sama aja jooksul kaldajoon 120 meetri võrra majaderivile lähemale tunginud, keskmiselt niisiis 4 m aastas. Küla surnuaed tuli kindlamale kohale ümber paigutada, kuna kirstud uhuti tulvavete poolt välja; surnuaia varasem asukoht on nüüd kaugel järves. Aprillis 1924 kanti 4 tundi möllanud tugeva idatormi ja üleujutuse käigus 8 meetri laiune riba valli laiendamisest ära." Praegusel ajal palistab rannajoont pajuvõsa ja roostik, mille ulatus järves on paarkümmend kuni mitusada meetrit. Vähesema pillirooulatuse ja kõrgema reljeefiga kohtades võib näha mõnekümne sentimeetri kõrgusi murrutusastanguid, mis viitavad ekstreemsetes tingimustes veel praegugi toimuvatele aktiivsetele kulutusprotsessidele. Lisaks on mõningal pool paatidele avatud ligipääse (Foto 7), kaevatud on ka paar väiksemat lautri kanalit järvele pääsemise lihtsustamiseks.



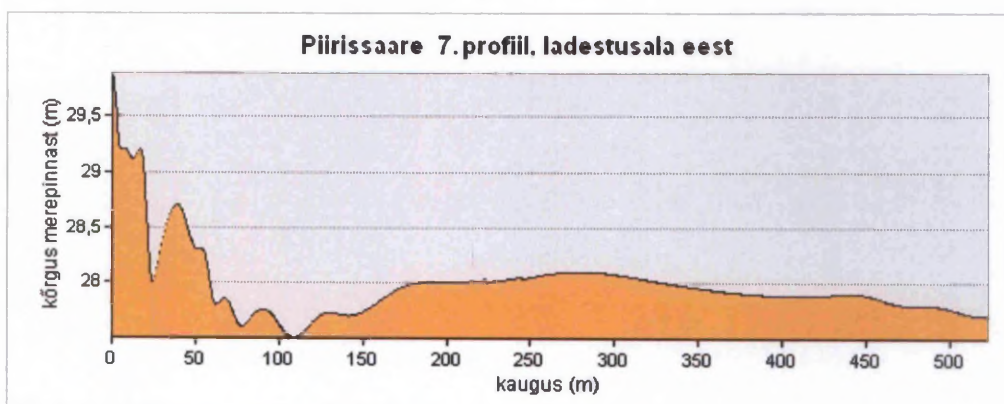
Joonis 14. 2007. aasta septembris Tooni külas mõõdistatud rannaprofiil, asukoht vt. Joonisel 7. Profili algul esineb tõus üle tee üles kordoniesisele künkale, sellele järgneb järsk inimtekkeline liivaastang.



Joonis 15. 2007. aasta septembris Saare külas mõõdistatud rannaprofiil, asukoht vt. Joonisel 7. Profiili algul esinevad järsud nõlvad on inimtekkelised, esimese puhul on tegu teega, teine on lainetuse kulutuse takistamiseks rajatud kividega kaetud kaitsevall.

IV - Olulise inimmõjuga, süvendatud järvepõhjaga järsu veealuse rannanõlvaga liivarandla

Saare lõunaosas asetsevasse kanalisuudmesse ja selle ümbrusse, lainevarju jääv aktiivne liivarandla on inimtegevuse tõttu järsu veealuse rannanõlvaga (Joonis 16). Antud randla alltüübi küllaltki väikese ulatuse ning märkimisväärsete erinevuste puudumise tõttu randlalõigul ei peetud otstarbekaks selle jaotamist erimiteks. Veealuse rannanõlv kallakus on kõigist teistest randla alltüüpidest ja erimitest suurem, olles väiksem ainult Ia erimist. 2 m samasügavusjoon paikneb 0,15-0,4 km kaugusel keskmisest rannajoonest. Rannajoont palistab pajuvõsa ja suhteliselt kitsas pillirooriba, randlalõik on keskmisest rannajoonest kõrgemal kamardunud. Roostiku ulatus järves on küllaltki väike, c. 10 m. Läbi Piirissaare kaevatud kanalit ääristab võsa, esineb üksikuid lagedamaid osi. Kanali ääres leidub orgaanikasegust liiva ja aleuriiti. Kanali suudme lähedal, saare kagurannal, asub ka 2007. aasta sügisel Eesti värvate laevatee süvendamisel eemaldatud süvendusmaterjali ladestusala (Fotod 8 ja 9), mille rajamise tarbeks on järvepõhja rannalähedasel alal täiendavalt süvendatud.



Joonis 16. Piirissaare lõunaosas, ladestusala eest mõõdistatud profiil, asukoht vt. Joonisel 7. Profiil algab 5 m kauguselt rannajoonest.



Foto 7. Randla alltüüp III. Saare idaosas külade lähedal on paatide jaoks rajatud ligipääse järvele. Fotograaf seisab kaldakindlustuseks 1930ndatel rajatud vallil.



Foto 8. Randla alltüüp IV. Eesti väravate laevatee süvendamisel eemaldatud süvendusmaterjali ladustamistööd kanali suudme lähedal, september 2007. Rajatud on ajutine kai.

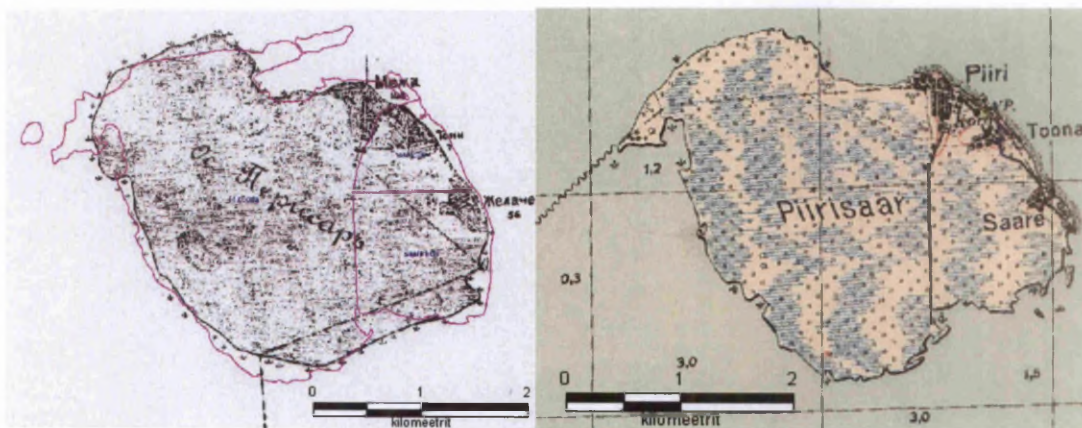


Foto 9. Randla alltüüp IV. Ladestusala, mai 2008. Ajutine kai on kadunud, ladestusala kaetud peeneteralise liivaga.

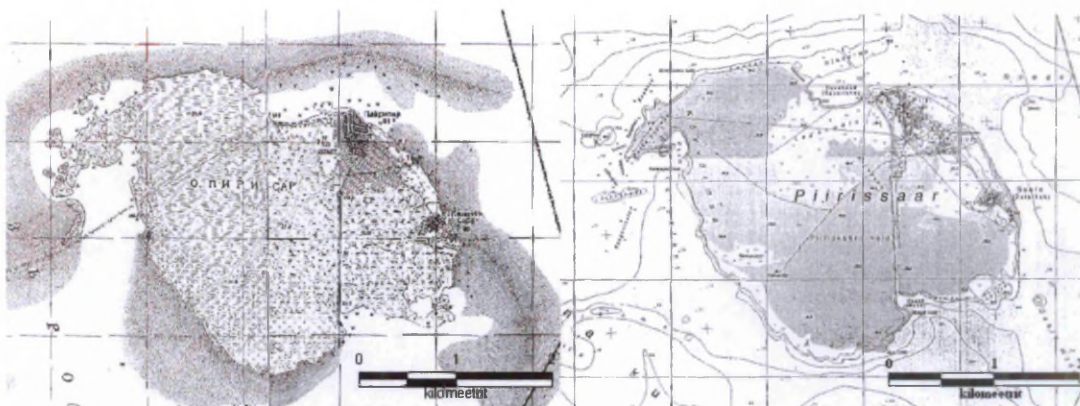
3.2 Kaardivõrdlus

3.2.1 Piirissaar erinevatel kaartidel

Saamaks ülevaadet viimase saja aasta jooksul toimunud muutustest rannajoone kujus ja saare pindalas võrreldi omavahel kolme kaarti: Vene üheverstalist kaarti (1900) mõõtkavas 1:42 000, NSV-liidu O-süsteemi kaarti (1947) mõõtkavas 1:25 000 ja Eesti põhikaarti (1997) mõõtkavas 1:10 000 (Joonised 17 ja 18).



Joonis 17. Vasakpoolsel joonisel Piirissaar verstakaardil (1900), millel lilla joonega märgitud põhikaardi rannajoon (pärit Maa-ameti kaardiserverist) ja parempoolsel joonisel eestiaegsel topograafilisel kaardil (1930-ndad).



Joonis 18. Piirissaar NSV-liidu 1:25 000 mõõtkavas O-süsteemi kaardil (1947) vasakul ja Eesti põhikaardil (1997) paremal.



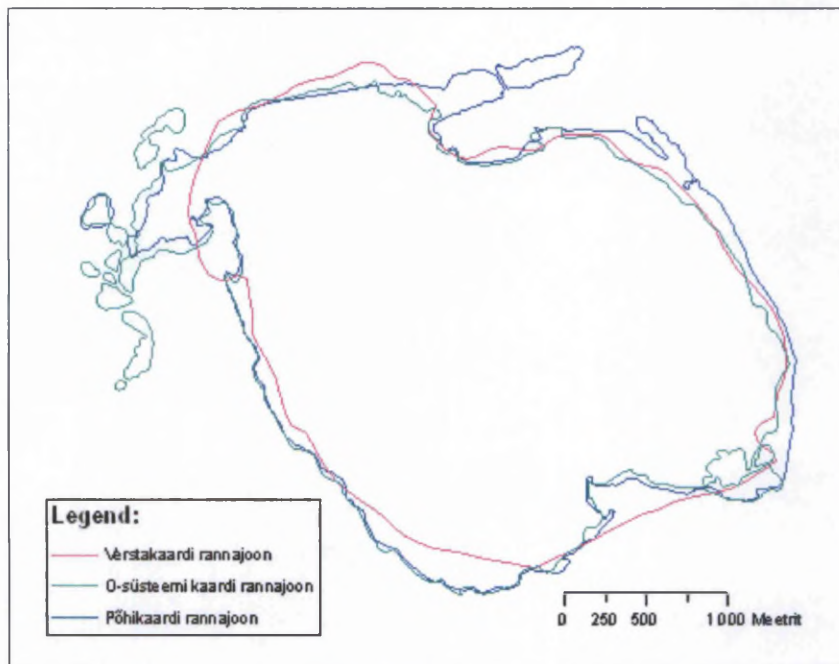
Joonis 19. Piirissaar NSV-liidu 1:50 000 mõõtkavas O-süsteemi kaardil (1977-1981) vasakul ja Eesti baaskaardil (1993-1996) paremal.

Kaartide paremaks analüüsimiseks ning diskussiooniks võeti eelnevale kolmele kaardile lisaks eestiaegne topograafiline kaart (1930-ndad) mõõtkavas 1:50 000, NSV-liidu O-süsteemi kaart (1977-1981) mõõtkavas 1:50 000 ja Eesti baaskaart (1993-1996) mõõtkavas 1:50 000 (Joonised 17 ja 19).

3.2.2 Rannajoonte võrdlus kaartide põhjal

Vene üheverstalise kaardi, NSV-liidu O-süsteemi kaardi (1:25 000) ja Eesti põhikaardi rannajoonte võrdlus (Joonis 20) annab alust väita, et aja jooksul on toimunud saare põhja- ja loodeosas Rinderuu ja Porka maasäärte pikenemine, lisaks eristub põhikaardil saare kirdeosa rannajoones esinev väljasopistus, mis eelnevatel kaartidel puudub. O-süsteemi kaardil joonistub paremini välja loodeosas paikneva Porka poolsaare pikenduseks olev maasäär, mille kõrgemad osad on märgitud saarekestena, põhikaardil seevastu on näha põhjaosas asetseva Rinderuu maasääre märkimisväärtset pikenemist. O-süsteemi kaardi ja põhikaardi rannajooned saare lõuna- ja lääneosas langevad küllaltki hästi kokku,

peamised erinevused esinevad peamiselt saare põhjaosas, eriti maasäärtel, lisaks eristub O-süsteemi kaardil saare kagunurgas paiknev laguun, mis põhikaardil välja ei tule.



Joonis 20. Piirissaare rannajoone muutumine viimase 100 aasta jooksul verstakaardi (1900), O-süsteemi 1:25 000 mõõtkavas kaardi (1947) ja Eesti põhikaardi (1997) andmete võrdluses.

3.2.3 Pindalade võrdlus kaartide põhjal

Kõigil eelnevalt võrdluses käsitletud kaartidel mõõdeti ka Piirissaare pindala (Tabel 3). Kus oli saarest eraldi rannajoone lähedal märgitud väikeseid saarekesi, leiti saare pindala nende ja suursaare pindalade summana, kuna tegelikkuses moodustavad need siiski ühtse ala, mida seob roostik.

Tabel 3. Piirissaare pindala võrdlus erinevate kaartide põhjal.

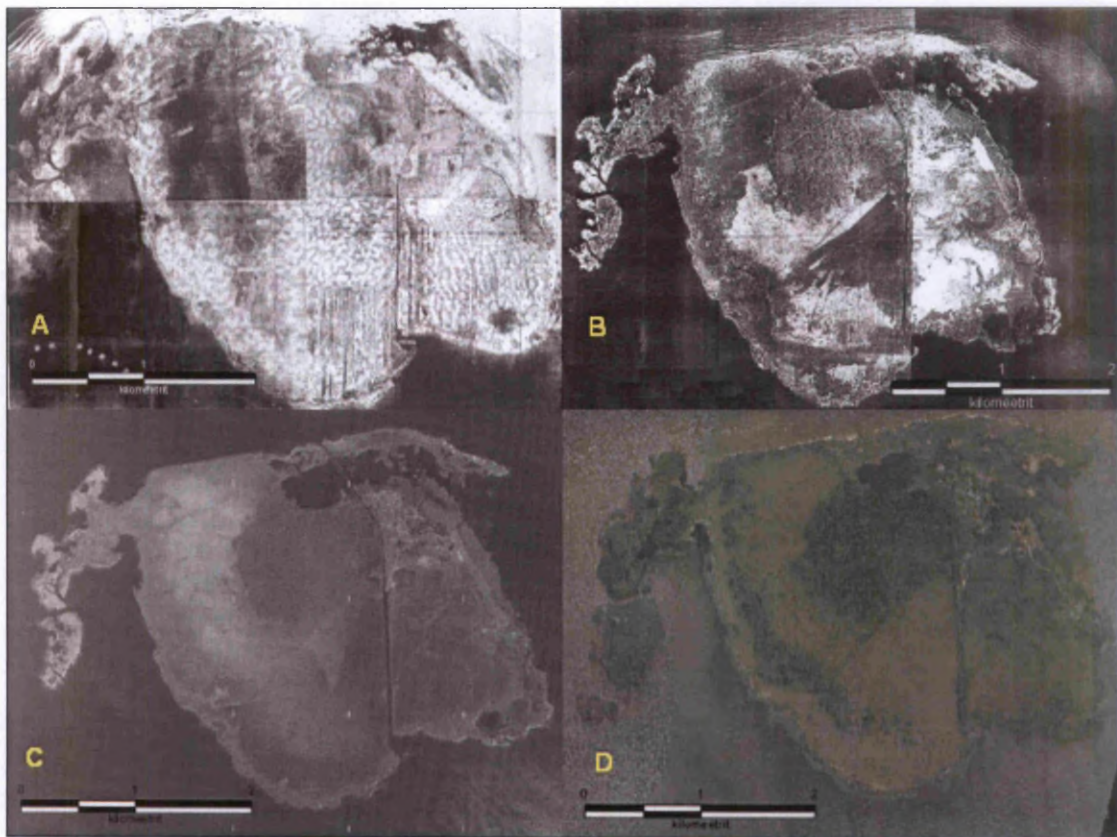
aasta	kaart	pindala (km ²)
u. 1900	verstakaart	7,42
1930-ndad	Eesti topograafiline kaart	7,23
1947	O-süsteem (1:25 000)	7,67
1977-1981	O-süsteem (1:50 000)	8,30
1993-1996	baaskaart	8,47
1997	põhikaart	8,01

Peamise kaardivõrdluse kolme kaarti arvesse võttes (verstakaarti, O-süsteemi 1:25 000 mõõtkavas kaarti ja Eesti põhikaarti) võib täheldada saare pindala küllaltki ühtlast kasvu käsitletaval ajavahemikul. O-süsteemi 1:50 000 mõõtkavas kaart ja baaskaart tekitavad selles näiliselt ühtlases kasvus aga ebakõla, ehkki kinnitavad saare pindala kasvamise

tendentsi. Eestiaegsel topograafilisel kaardil on Piirissaare pindala aga väiksem isegi verstakaardi omast. Üldiselt võib siiski kaartide põhjal pigem pooldada saare pindala mõningast kasvamist viimase saja aasta vältel.

3.3 Ortofotode võrdlus

Tuvastamaks võimalikke muutusi Piirissaare rannajoone konfiguratsioonis ja saare pindalas viimase 50 aasta jooksul, võeti lisaks eelnevatele kaartidele vaatluse alla kaks NSV-liidu aegset fotoplaani aastatest 1950 ja 1980 ning ortofotod aastatest 1995 ja 2006, kõik mõõtkavas 1:10 000 (Joonis 21). Jättes kõrvale 1950-nda aasta fotoplaani ülejoonistamisest, kopeerimisest ning skaneerimisest tingitud kehva kvaliteedi, võib visuaalselt hinnata saare kuju viimase viiekümne aasta jooksul küllaltki sarnaseks. Viimasel, 2006. aasta ortofotol märgatavalt suurema taimestiku osakaalu põhjuseks on selle foto südasuvine päritolu (ülelend 30. juunil).



Joonis 21. Piirissaar eriaegsetel fotoplaanidel/ortofotodel. A – fotoplaan aastast 1950, B – fotoplaan aastast 1980, C – ortofoto aastast 1995 (ülelend 28. või 29. mail), D – ortofoto aastast 2006 (ülelend 30. juunil).

Arvesse võttes Piirissaare randade iseloomu ning sealse rannajoone määratlemise keerukust isegi looduses taimestiku rohkuse ning rannanõlva üldiselt lauge kallakuse

tõttu, võib pidada rannajoone määramist fotodel veelgi keerulisemaks, kuna pole võimalik selgepiiriliselt eristada maismaad roostikust. Kuna fotode võrdlemisel tuleks lisaks arvesse võtta erinevusi ülelennuajas ning Peipsi veetasemes, siis nende andmete puudumisel otsustati spekulatiivseid pindalasid fotodelt mitte mõõta. Et kaartide tegemisel on tänapäeval aga sageli aluseks orto- või satelliitfotod, illustreerivad toodud fotod siiski ilmekalt, kuivõrd paljudest teguritest sõltub Piirissaare-laadsel rannikul rannajoone määratlemine ning ka seda, millistest raskustest tingitult võivad Piirissaarel (ning teistel sarnastel rannikutel) tekkida kaartidel rannajoone osas märkimisväärsed erinevused.

4.1.2 L. A. Mellini kaart, 1796. aastast

Mellini atlase eeltöödest ning selle kartograafilisest väärtusest on teinud põhjaliku ülevaate E. Varep (1955), kelle töö põhineb alltoodud ülevaade.

Mellini atlase spetsiaalkaartide mõõtkava on umbes 1:200 000. Mellini kaartide matemaatiliseks aluseks olevate punktide asukohad on määratud astronoomiliselt, kusjuures kasutati peamiselt kindralmajor S. v. Laurenburgi, üksikutel juhtudel ka Vene Teaduste Akadeemia määranguid, osa maakonnalinnade ning mõningate teiste kohtade geograafilised pikkused ja laiused on aga määranud Mellin ise (Friebe, 1794, *cit.* Varep, 1955). Mellini kaartidel on rõhk suunatud asulate, teede ning administratiivse jaotuse kujutamisele.

Atlase koostamisel kasutatud kartograafilistest materjalidest tuleb kõigepealt nimetada varasemaid, eriti Teaduste Akadeemia poolt välja antud kaarte. Teada on, et Mellin kasutas ka vene sõjaväetopograafide poolt koostatud Liivi- ja Kuramaa piirikaarte koos kirjeldustega. Eriti laialdaselt kasutas Mellin muidugi tolleaegseid mõisakaarte, lisaks praktiseeris ta laialdaselt andmete kogumist kirja teel. Vajalike andmete saamiseks reisis ka ise kohtadele, kaardistamistöid maastikul sooritas nähtavasti aga üsna piiratud ulatuses. Mellin suutis kokku koguda väga ulatusliku, kuid kaugeltki mitte kõigis üksikasjus täpse geograafilise andmestiku Eesti- ja Liivimaa kohta.

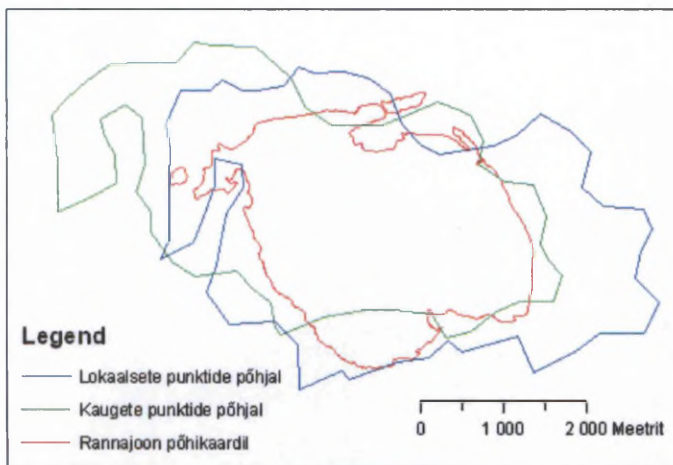
Mellini kaartide puudustest tuleb kõigepealt märkida nõuetekohase geodeetilise aluse puudumist. Seetõttu ei suutnud Mellini kaardid muidugi rahuldada topograafilistele kaartidele esitatavaid nõudeid. Mellini kaardid on küll väga piktoresksed, kuid kartograafiliselt vähe täpsed. Ka Mellin ise märkis oma atlase eessõnas, et tal ei õnnestunud kõrvaldada kõiki takistusi, mis oleks võimaldanud täpsema kaardistiku koostamist, mistõttu tema tööd tuleb vaadelda eeltööna, mis võiks kergendada sellelaadilise töö koostamist tulevikus. Tänapäeval omab Mellini atlas veel ainult ajaloolist tähtsust, kuid kuni XIX sajandi 40-ndate aastateni olid L. A. Mellini kaardid Eesti ala teaduslikul uurimisel peamiseks kartograafiliseks materjaliks.

Võttes arvesse Mellini kaartide vähest kartograafilist täpsust ning geodeetilise aluse puudumist, ei ole nende kasutamine arvuliseks võrdluseks põhjendatud.



Joonis 23. Mellini kaardi ja Eesti põhikaardi võrdluses ilmnevad kasvõi Peipsit ja Võrtsjärve vaadeldes selged deformatsioonid nii kujudes kui suurustes, mistõttu ei ole Mellini kaardilt mõõtkava järgi pindalade mõõtmine põhjendatud. Antud joonisel on Mellini kaardi algne mõõtkava juba muudetud, toomaks paremini välja kujudeformatsioone.

Võrreldes Mellini kaarti Eesti põhikaardiga (Joonis 23), ilmnevad esimeses deformatsioonid nii objektide kujude kui suuruste osas, mistõttu saare pindala Mellini kaardilt ei saa mõõta puhtalt mõõtkava järgi; adekvaatsema tulemuse saamiseks tuleks kaart rektifitseerida e. sobildada mingite kindelpunktide järgi. Olenevalt rektifitseerimiseks võetud punktide kaugusest (kas võtame kaugemad punktid või lokaalsed), saame erinevaid tulemusi, kuid kõik saadud tulemused on mõõtkava järgi saadud arvudest tunduvalt väiksemad (Joonis 24). Lokaalsete punktide järgi rektifitseerides saadi Piirissaare pindalaks 14,88 km², kaugemate tuntud punktide järgi (Võrtsjärve, Peipsi järve kaldad) 12,72 km². Arvesse tuleb võtta, et siinkohal on tegu umbkaudsete ja subjektiivsete tulemustega, mis ei taotle arvulist täpsust, vaid pigem illustreerivad asjaolu, et kaardi ilmseid deformatsioone arvesse võttes võib Piirissaare pindala sellel lugeda tegelikult oluliselt väiksemaks A. Mieleri poolt mõõtkava järgi mõõdetust.



Joonis 24. Piirissaare rannajoon Mellini kaardil võrreldes Eesti põhikaardiga. Sinisega kujutatud Piirissaar Mellini kaardil rektifitseeritult lokaalsete punktide põhjal, rohelisega kaugemate tuntud punktide põhjal, punasega on kujutatud rannajoon põhikaardil.

4.1.3 C. G. Rückeri kaart, 1839. aastast

C. G. Rückeri poolt koostatud Liivimaa spetsiaalkaardi teostusest on teinud põhjaliku uurimuse taas E. Varep (1957). Alljärgnev ülevaade põhinebki peamiselt sellel, lisainformatsiooni on saadud E. Varepi ülevaateartiklist “Jooni Eesti kartograafia ajaloost” (1960).

C. G. Rückeri poolt koostatud Liivimaa spetsiaalkaart kuuel lehel kujutab endast täpset, oma laadilt pool-topograafilist kaarti, mis hõlmab Eestist ainult varem Liivimaa kubermangule kuulunud osa (Varep, 1960). E. Varep (1957) selgitab, et seoses 1804. aasta talurahvaseaduse elluviimisega Liivimaal oli mõõdistatud enamik mõisaid ning koostatud nende kohta kaardid mõõdus 1:5200 ja 1:10400. Seda rikkalikku materjali kasutati uue Liivimaa atlase koostamiseks. Suure hulga mõisakaartide ühendamine ei olnud aga mõeldav ilma täpse geodeetilise aluseta, mida oli võimalik saada ainult triangulatsiooni teel. Triangulatsiooniga seotud tööd teostas 1816-1819 aastail Fr. G. W. Struve.

E. Varepi (1957) andmeil on Liivimaa spetsiaalkaart esimene ulatuslikum täpsel geodeetilisel alusel põhinev kaart Eesti ala kohta. Varasemate L. A. Mellini kaartidega võrreldes on see kujunduslikult märksa lihtsam, kuid eelmistest nii oma situatsiooni kui ka topograafiliste üksikasjade poolest täpsem. Kaart on koostatud koonilises projektsioonis mõõdus 1:184 275. Kaugused joonmõõtkaval on antud verstades. Kaardil on küllalt detailselt kujutatud põllumaa, heinamaa, karjamaa, metsade, vōsa, nõmmede,

liivikute ja soode levik. Varasemate kaartidega võrreldes on märksa täpsemalt esitatud ka hüdrograafiline võrk, asulastik ja teestik. Kaardi puuduseks tuleb lugeda kõrgusarvude puudumist ja kihelkonnapiiride ebatäpset esitust, eriti aga seda, et kaardil puuduvad mõisavalduste piirid. Rückeri kaart leidis siiski laialdast kasutamist, kuna oli tol ajal täpseim avalikkusele kättesaadav kaart Liivimaa kohta (Varep, 1957).

Piirissaare pindala muutuste analüüsil Rückeri kaardi kasutamine on ebatäpne: kaardi heast täpsusastmest hoolimata on põhjuseks see, et saare idaosa, mis kuulus Peterburi kubermangule, kaardile kantud ei ole. Saare tervikliku kuju puudumise tõttu ei ole võimalik täpselt mõõta ei selle pindala ega übermõõtu. Mieler (1926) oma töös asendas puuduva saarelõigu verstaselt kaardilt võetuga ning tõdes, et saare pindala vähenemise paikapidamisel võis selle asenduse tõttu tema saadud arvuline tulemus olla tegelikkusest väiksem.

4.1.4 Vene Kindralstaabi kaart (verstane), u. 1900. aastast

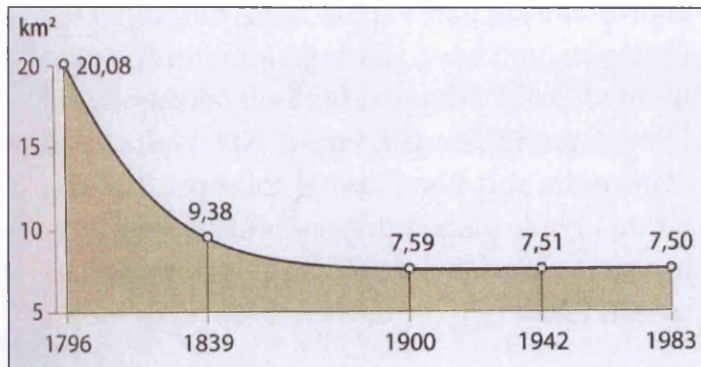
Sajandivahetusel (1893–1913) teostasid Vene topograafid kogu Eesti ala topograafilise mõõdistamise, mille tulemusena koostati topograafiline kaart mõõtkavas 1:42 000 (Lankots, 1995). Kaarti kutsutakse ka 'verstaseks' või 'üheverstaseks' kaardiks, kuna ühele tollile kaardil vastab üks verst maastikul (Lankots, 1995). Kaart koostati looduses, enamasti mõõtkavas 1:21 000, osa Lõuna-Eesti lehtedest aga mõõtkavas 1:42 000, mensuli ning kippreegli abil (Lankots, 2001). Oma aja kohta oli kaart väga heal tasemel ning leidis seepärast kasutamist nii Esimeses Maailmasõjas kui Eesti Vabadussõjas ja sai aluseks Eesti Vabariigi topograafiliste kaartide koostamisele (Lankots, 1995). Verstakaarti on nimetatud ka Eesti esimeseks põhikaardiks (Lankots, 2001).

Verstasel kaardil on nii Piirissaare kuju kui ka suurus küllaltki lähedased praegusele olukorrale. Võrreldes kahe eespoolkäsitletud kaardiga on Vene Kindralstaabi kaart kahtlemata täpsem.

4.1.5 Analüüsi järeldused

Võttes arvesse Mellini kaartide vähest kartograafilist täpsust ja täpse geodeetilise aluse puudumist ning Rückeri kaardi Piirissaare mittetäielikku kuju, tuleb nii A. Mieleri (1926) esitatud võrdluse kui ka sellele baseeruvatesse Peipsi veetaseme muutuste järeldustesse (Joonis 25) (Hang & Miidel, 1999a; Miidel, 2008) suhtuda kriitiliselt. Saare pindalas

viimase paarisaja aasta jooksul toimunud niivõrd drastiliste muutuste toimumise teooriat ei saa lugeda piisavalt põhjendatuks.

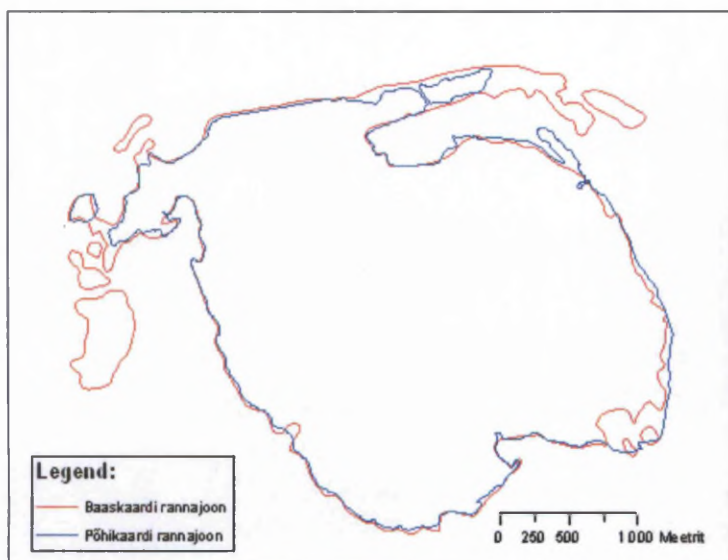


Joonis 25. Piirissaare pindala vähenemine aastatel 1796-1983 Mieleri (1926) ning Hangu & Miideli (1999a) andmete põhjal (Miidel, 2008).

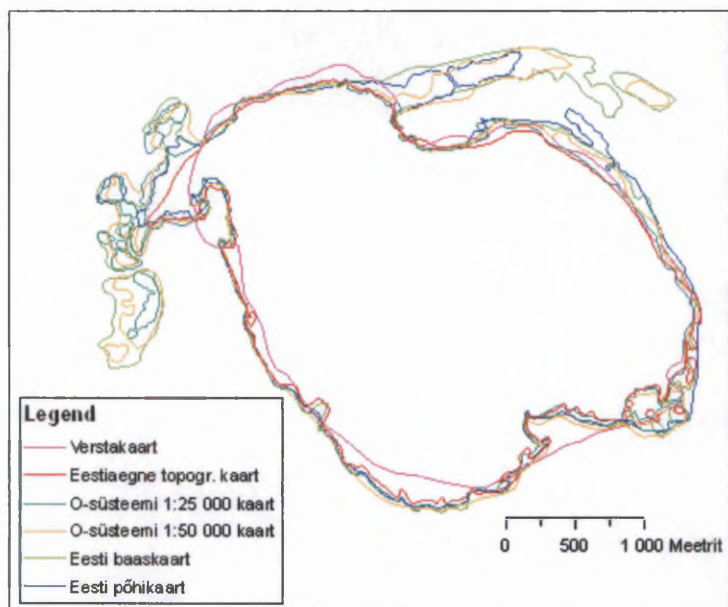
4.2 Kaardi- ning ortofotode võrdluse analüüs

Eespool (ptk. 3.2) läbi viidud kaardivõrdluse käigus ilmnas, et eeldatud Piirissaare pindala vähenemist ei saa vähemalt viimase 100 aasta jooksul täheldada. Esineb pigem pindala kasvamise tendents, millele viitab nii rannajoonte kui ka saare pindalade võrdlus erinevate kaartide põhjal (Joonis 20, Tabel 3).

Kaardivõrdluses on mitmeid tegureid, mida tuleb arvesse võtta, hindamaks saadud tulemuste tõepärasust ning täpsust. Arvestama peab kaartide erinevate mõõtkavadega, millest tuleneb nende erinev täpsus- ja generaliseeritusaste. Viimane torkab hästi silma kasvõi kolme peamise kaardi võrdluses (Joonis 20) verstakaardi rannajoone märkimisväärselt generaliseeritumas kujus võrreldes teiste kaartidega. Erinevusi tingib ka kaartide koostamise erinev meetoodika. Tulenevalt erinevustest mõõtkavas ning koostamise meetoodikas võib silmatorkavaid erinevusi rannajoone konfiguratsioonis täheldada ka küllaltki üheaegsetel kaartidel nagu seda on kasvõi Eesti baas- ja põhikaart (Joonis 26).



Joonis 26. Näide Piirissaare rannajoone erinevast konfiguratsioonist üheaegsetel kaartidel - Eesti baaskaardil (1993-1996) ja Eesti põhikaardil (1997).

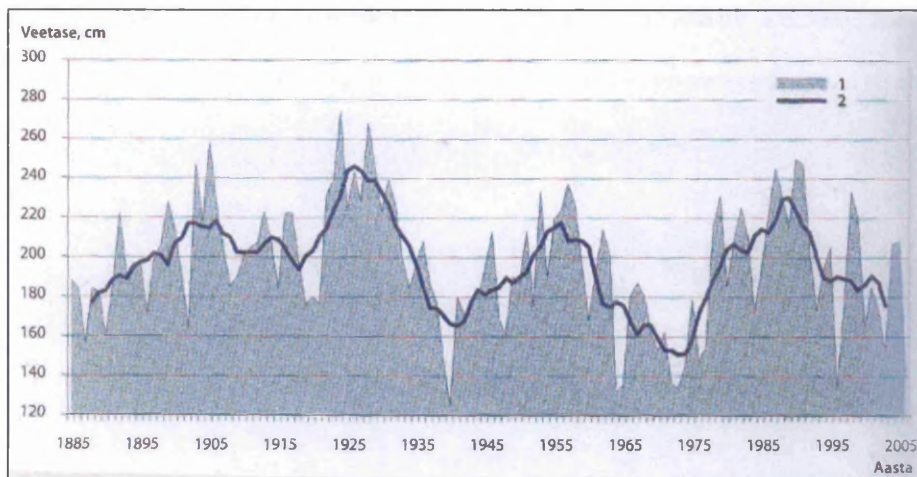


Joonis 27. Piirissaare rannajoon viimase saja aasta jooksul kujutatuna erinevatel kaartidel.

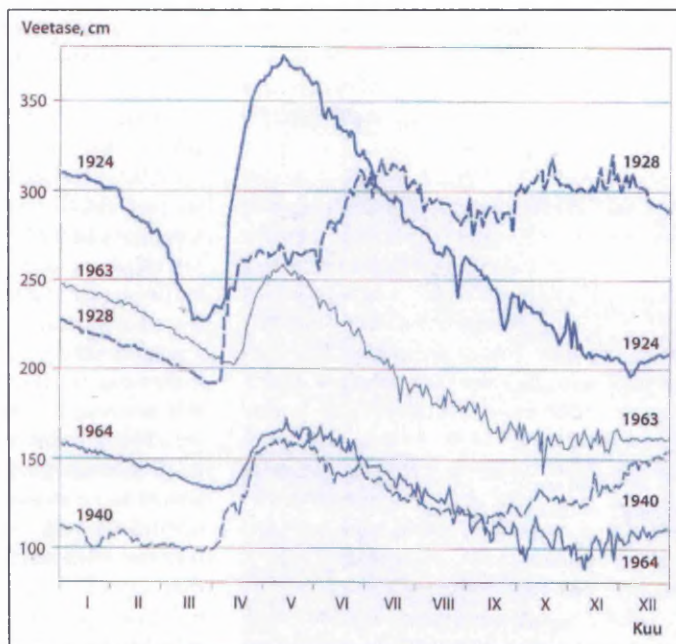
Suurimad rannajoone määratlemise probleemid tekivad peamiselt laugetel ning ulatuslikult roostunud rannalõikudel. Piirissaare puhul võib peamisteks probleemaladeks pidada kõige laugema rannanõlva kallakusega randla II alltüübi kõiki kolme erimit (vt. ptk 3.1.3). Kõikide eelpool (ptk. 3.2.1) käsitletud kaartide lõikes iseloomustab rannajoone varieeruvust Joonis 27, millel eristuvad oma muutlikkuselt selgelt just randla II alltüübi erimid: peamisi erinevusi võib täheldada Piirissaare põhjaosas asetseval Rinderuu maasäärel, loodeosas asuval Porka maasäärel ning väiksemas ulatuses saare kaguosas paikneva laguuni piirkonnas. Teistes randla piirkondades on muutlikkus selgelt väiksem.

Roostiku kasvamise ning setete liikumise tõttu võib eeldada maasäärte kasvamist (ning seega saare pindala aeglast kasvutendentsi), mida tõendab ka kaardipilt. Erinevused rannajoone konfiguratsioonis on samas suuresti tingitud ka probleemidest kaardistamisel.

Suurt tähtsust rannajoone määratlemisel omab Peipsi veetase kaardistamise ajal. See on väga muutlik, kõikudes ligi kolme meetri ulatuses; madalaim veetase, 28,87 m, on registreeritud 8. novembril 1964, kõrgeim veetase, 31,76 m, aga 12. mail 1924 (Jaani jt., 2008). Peipsi veetaseme paljuaastases käigus avaldub selge tsüklilisus (Joonis 28), mis on tingitud peamiselt eelkõige atmosfääri tsirkulatsiooni üldisest muutlikkusest Põhja-Atlandil ja Põhja-Euroopas (Jaani jt., 2008). Veetase sõltub palju ka aastaajast, sealjuures võib veerohkel aastal Peipsi veetase kõikuda peaaegu 2 m ulatuses (Joonis 29). Et Piirissaar on väga lauge pinnamoega, ulatudes valdavalt vaid 60(80) cm üle Peipsi keskmise veetaseme (Arold, 2005), ning saarel on ülekaalus lauge rannanõlvaga randla, on ilmne, kuivõrd suured erinevused nii saare konfiguratsioonis kui ka pindalas võivad tuleneda kaardistamisaegsest veetasemest.



Joonis 28. Peipsi veetaseme paljuaastane kõikumine. 1 – iga-aastane veetase; 2 – 7-aastased libisevad keskmised (Jaani jt., 2008)



Joonis 29. Iseloomulike aastate veetaseme käik Mustvee hüdromeetriaajas; mõõdud on võetud üle veemõõtja nulli (28,00 m ü.m.p). 1924 ja 1928 – veerohked, 1963 – keskmine, 1940 ja 1964 – veevaesed aastad (Jaani jt., 2008).

Nagu eespool mainitud, on fotomaterjali põhjal rannajoone määramine Piirissaare-laadsel rannikul raskendatud tegevus, mistõttu kogutud fotoplaanide ja ortofotode põhjal konkreetsemaid järeldusi teha on riskantne.

4.3 Rannaprotsessid Piirissaarel

Võimaliku Piirissaare pindala vähenemise analüüsil on oluline mõista ka toimuvaid rannaprotsesse. Viimaste kohta aitavad järeldusi teha nii madalaveelise järvepõhja reljeef kui ka randade iseloom, kusjuures pikaajaliste vaatlusandmete puudumisel on need üsna pealiskaudsed.

Väga lauge rannanõlvaga (u 400 m kaugusel on veesügavus vaid 1,5 m) on tegemist saare kirde-, lääne- ja kaguosas ning liivase maasäärega piirneval alal Eesti väravate suunal (Joonis 1). Samas sügavneb järv üsna kiiresti saare põhja-, edela- ja lõunarannikul ning läänerannikul maasääre ja saare vahele jääva Tsigalahe osas. Rannanõlva veealuse osa, randade iseloomu ja ajaloolise kaardimaterjali analüüsi andmeil võib järeldada, et tormilainetusega murrutatakse Piirissaare põhjarannikut. Selle üheks tõestuseks on ka madala murrutusastangu esinemine rannajoonel ning ümberkukkunud puud, mille juurestiku alt on liiv ära uhutud (Foto 2). Lainetuse abrasiooniks on selged eeldused loodud suhteliselt suure kaldega veealuse rannanõlvaga (Joonised 8 ja 9), mis soodustab

laineenergia säilimist ka rannajoone lähedal. Lainetusest pikirändesse haaratud liiv-aleuriitsed setted kantakse edela ja ida suunas, kuhu on kujunenud madalad liivast maasääred. Veel 19. sajandi kaartidel nimetatud sääred puudusid. Võimalik, et maasääred on perioodiliselt järvetasemest kõrgemale kerkivad alad, välitööde läbiviimise ajal olid need aga üle ujutatud. Maasäärtest ilmekamaks setete kuhjumise tõendiks on põhjareljeef saare lääne- ja idarannikul (Joonis 1). Nii ulatub saarest läänes, maasäärega piirneval alal, madalaveeline osa sisuliselt Eesti väravate nime all tuntud süvikuni (Joonis 13). Samas ei toimu nimetatud madaliku ja saare läänerranniku vahele jäävas Tsigalahes ega ka saare edela- ja lõunarannikul erilist settimist. Seega toimub põhiline setete liikumine lainetuse murdlustsoonis Porka poolsaare jätkuks olevast maasäärest läänes ja edelas valdavalt N-NW suunalise lainetuse mõjul, mille ilmekaks tõestuseks on ka laevatee süvendi pidev täitumine setetega.

Idasuunalise settevoolu tagajärjel kujunenud Rinderuu maasäär (saare kirdeosas) on mitte niivõrd liiva kuhjumise, kuivõrd roostumise tagajärjel sisuliselt sulgenud Süvahavva lahe (kujunenud on väga aeglase veevahetusega laguun). Setete ränne ja akumulatsioon toimub ka saare ida- ja kagurannikul, kus osaliselt jääb akumulatsiooniala juba Venemaa vetesse. Nii ränne kui akumulatsioon selles osas on siiski suhteliselt aeglane ja mõjutatud idakaarte tuultest, mis võrreldes läänekaarte tuultega esinevad harvemini. Väga madalaveelised alad Piirissaarest kagus, mis ulatuvad vene saarte Ozoletsi ja Stanokini, pole suure tõenäosusega seotud setete rändega murdlustsoonis, vaid peegeldavad pigem järvepõhja varasemat reljeefi. Nagu eespool mainitud, paikneb Piirissaare idaosas loodekagu suunaline liivast kõrgend, mille jätk on ka kirjeldatud madalik koos saartega Piirissaarest kagus. Geoloogiliste andmete puudumisel ei ole võimalik täpsemaid järeldusi teha, aga suure tõenäosusega on tegemist glatsiofluviaalse moodustisega, mille esialgset kuju on lainetus oluliselt muutnud.

Eeltoodust järeldub, et valdavas osas Piirissaare randadest on tegemist hääbuva liivarandlaga, kus rannaprotsessid on väga aeglased. Murrutuse jälgi võib kohata vaid saare põhjarannikul. Kui Piirissaare puhul oleks tegemist veetaseme pidevast tõusust põhjustatud saare pindala vähenemise ja sellest tuleneva transgressiivse rannikuga, siis võiks eeldada rannaprotsesside suuremat aktiivsust ning kulutusrandla märksa laiemat levikut. Seega ei toeta ka Piirissaare randade iseloom võimalikku saare pindala vähenemist. Kulutus põhjarannikul on kompenseeritud maasäärte kasvuga, millede

pindala suurenemine tänu roostumisele isegi ületab kulutuse. Viimast tõestab ka eeltoodud kaardi ja fotomaterjali analüüs.

4.4 Saare pindala ja rannajoone muutused ning nende põhjused

Eelpoolkäsitletu põhjal võib järeldada, et Piirissaare pindala vähenemise kohta tehtavad kartograafilisele materjalile toetuvad järeldused on ennatlikud ning vajavad kindlasti edasist mitmekülgsemat uurimist. Käesolevas töös tehtud kõige varasema kartograafilise materjali analüüs tõestab üsna veenvalt, et saare pindala drastiline vähenemine ajavahemikul 1796 kuni 1900 on kaardimaterjali täpsusest tingituna väheusutav. Samuti puudub praeguseks geoloogiline andmestik, mis toetaks Peipsi järve veetaseme väga kiiret tõusu nimetatud ajavahemikul ja selle olulist aeglustumist järgneval perioodil (Hang & Miidel, 1999a). Saare pindala väidetavat väga aeglast vähenemist viimase saja aasta jooksul (Joonis 25) on raske nii tõestada kui ka ümber lükata. Üheks põhjuseks siin on kindlasti saare randade iseloom. Nagu eespool mainitud, on paljudes Piirissaare rannalõikudes isegi looduses rannajoone määratlemine keerukas väga madala soostunud rannanõlva ja tiheda roostiku tõttu. See on kindlasti mõjutanud ka rannajoone kaartidel kujutamise täpsust, mida ilmekalt tõestab isegi kõige uuema kaardimaterjali võrdlus (Joonis 26), kus Eesti baas- ja põhikaardi rannajoone konfiguratsioon üksteisest selgelt erinevad. Kindlasti on nimetatud põhjus mõjutanud ka varasematel kaartidel Piirissaare rannajoone kujutamise täpsust (Joonis 27) ja sealt tulenevalt ka järve veetaseme analüüsi aluseks olnud saare pindala muutuste kartograafilist analüüsi.

Ka saare nüüdisrandade ilme ei peegelda järve veetaseme tõusust põhjustatud transgressiivset iseloomu; pigem on tegemist hääbuva randlaga, kus setete akumulatsioon ületab abrasiooni. Pikemaajaliste vaatluste ja põhjalikuma uuringuta on raske öelda, kas nimetatud tendents on alles viimastele kümnenditele iseloomulik ning kas tegemist on ajutise nähtusega. Igal juhul toetab randade iseloom pigem viimase saja aasta kartograafilise ja fotomaterjali analüüsil tehtud järeldust saare pindala kasvamisest kui väidetavast kahanemisest.

Piirissaare põhja- ja idakaldal (Ia erimis ja III randla alltüübis – siin ja edaspidi vt. Joonis 1 ja ptk 3.1.3), mis on tuultele avatumad, on varasematel aegadel esinenud tugevaid purustusi kõrge veetaseme ja ajujää korral. Nende eest kaitseks rajati saarele 1929. a

rannakindlustusi, mida võib saare idaosas (III randla alltüübis) mõnel pool praegugi kohata. Praegusel hetkel võib eeldada kulutusprotsesse veel saare põhjarannikul (Ia erimis), kust setteid kantakse ilmselt nii ida kui edela suunas. Viimast väidet kinnitab Rinderuu ja Porka maasäärte pikenemine (IIa ja IIb erimises), lisaks Piirissaare kanali põhjaosa väidetav liivaga ummistumine põhjakaarte tormide korral. Roostiku laienemine maasäärtel aitab kaasa peeneteralise settematerjali settimisele, mille läbi rannanõlv muutub veelgi laugemaks ning roostik jätkab laienemist. Lisaks pakuvad kasvavad maasääred lainevarju jäävatele randlalõikudele (Ib ja III) kaitset, mis on eeldatavasti põhjuseks, miks Piirissaare idarannikul (III randla alltüübis) varem aset leidnud kulutusprotsessid on praeguseks asendunud kuhjega, millele viitavad lauge rannanõlv ning roostumine.

5. Järeldused

Eeltoodust järeltub:

- 1) Piirissaarel on tegu tugevasti roostunud lauskliivarandlaga, milles esmase pinnamoe kallakuse ning inimõju ulatuse põhjal eristati 4 randla alltüüpi, neist kahes omakorda pillirooriba laiuse, kamardumuse ja lainetusele avatuse alusel 5 erimit.
- 2) Selged üleminekud kirjeldatud randla erimite vahel puuduvad.
- 3) Valdavalt on Piirissaarel tegu hääbuva liivarandlaga.
- 4) Piirissaare lainetusele avatud põhjarannikul toimub randla aktiivne areng, sealt kantakse setteid nii ida kui edela suunas, kus toimub Rinderuu ja Porka maasäärte pikenemine.
- 5) Piirissaare idarannikul, kus varem valdasid kulutusprotsessid, on praegu ulatusliku roostumise tagajärjel valitsevaks kuhje.
- 6) Roostiku ning rannanõlva vähese kallakuse tõttu on Piirissaarel rannajoone määratlemine raskendatud nii looduses kui ka aerofotodel, sellest tulenevalt on rannajoone kujutamine kaartidel ebatäpne.
- 7) Olulised erinevused nii saare konfiguratsioonis kui ka pindalas võivad osaliselt tuleneda Peipsi järve veetasemest kaardistamise ajal.
- 8) Kartograafilise materjali analüüsi tulemusena tuleb A. Mieleri (1926) tööle põhinevaid väiteid Piirissaare pindala olulise vähenemise (20,08 km²-lt 7,59 km²-le) kohta ajavahemikul 1796–1900 pidada problemaatilisteks.
- 9) Viimast sada aastat kujutavate kaartide võrdlusel tuleb esile pigem Piirissaare pindala kasvutendents, mille põhjuseks võib pidada roostumisest tingitud maasäärte pindala suurenemist.
- 10) Rannaprotsessidest tingitud Piirissaare pindala suurenemine ületab järve veetaseme tõusust tingitud võimaliku pindala vähenemise.

Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli analüüsida Piirissaare pindala ja rannajoone muutusi ajas ning anda hinnang üldlevinud saare pindala vähenemise arvamusele. Saarel teostatud välitööde põhjal koostas autor Piirissaare randlate klassifikatsiooni ning erinevate randlalõikude kirjeldused. Lisaks viidi rannajoone ning saare pindala viimase saja aasta jooksul toimunud muutuste tuvastamiseks läbi kaardivõrdlus. Eelneva töö tulemusena kirjeldati saarel praegu toimuvaid rannaprotsesse ning kaardivõrdluses ilmnenu saare pindala ning rannajoone konfiguratsiooni muutuste võimalikke põhjuseid.

Allikmaterjalide vähese usaldatavuse tõttu tuleks A. Mieleri 1926. aasta uurimuse kvantitatiivsetesse tulemustesse suhtuda kriitiliselt. Kaardivõrdluse põhjal võib viimase saja aasta jooksul täheldada saare pindala kasvumist, mille üheks põhjuseks võib pidada roostumisest tingitud setete akumulatsiooni. Piirissaare pindala muutuste analüüsil tuleb silmas pidada kolme tegurit: Peipsi vee lõunasuunalisest valgumisest tingitud rannajoone transgressiooni; rannaprotsesside iseloomu, kus hääbuval liivarandlal akumulatsioon ületab abrasiooni ning laigest tugevasti roostunud randlast tingitud rannajoone kaardistamise raskust, mis võib oluliselt mõjutada rannajoone kaardil kujutamise täpsust.

Tänuavaldused

Käesolev töö valmis inspireerivate ja toredate inimeste abiga. Autor tänab siiralt Jüri Vassiljevit, Kaarel Orvikut, Taavi Paed ja Heino Mardistet abi ja heade nõuannete eest. Suurim tänu juhendajatele Tiit Hangule ja Raivo Aunapile ammendamatu hea energia, innukuse ja kannatliku meele eest.

The shores of the Piirissaar Island, recent shore displacement and possible reasons for the changes.

Summary

The main aim of this study is to analyze the changes in shoreline and the area of the Piirissaar Island, Eastern Estonia, in order to give a judgement to A. Mieler's (1926) postulated idea of continuous decrease in area of the island. Assumingly, the area has decreased dramatically during the last few hundred years. This tendency is associated to the water-level changes of Lake Peipsi. The water of the lake is slowly flowing towards the southern part of the lake depression due to uneven crustal movements.

Based on fieldwork data and various published sources, the author presents the classification of the shores of Piirissaar Island and the descriptions of different shore classes. In addition to that, cartographic comparison based on different maps and aerial photographs was carried out to identify changes in shoreline displacement and area of the island during the last few hundred years. This task was partly conducted by visual comparison and also digitally with ArcMap software. Based on the results of the aforementioned tasks, the possible shoreline processes taking place on the island were described. Also, the potential reasons for the shoreline and area changes that emerged from the cartographic comparison were discussed.

Due to the lack of credibility of the source materials of A. Mieler's work, the quantitative results of his study should be taken with criticism. Based on the cartographic comparison, the increase of the island area during the last one hundred years is postulated. One reason for this could be the accumulation of the sediments caused by reed encroachment on the shores. Mainly declining sandy shores also rather support the increase of the island area instead of decrease associated with the rising water level.

Viidatud kirjandus

- Arold, I.**, 2005. Eesti maastikud. Tartu Ülikooli kirjastus, Tartu: 453 lk.
- Bach, E.**, 1924. Topograafiliste tööde ülevaade. – Kindralstaabi IV osakonna Topo-hüdrograafia aastaraamat, Tallinn: 44-65.
- Eesti Entsüklopeedia 7. köide**, 1994. Eesti Entsüklopeediakirjastus, Tallinn: 303.
- Friebe, W. Ch.**, 1794. Physisch-ökonomisch' und statistische Bemerkungen von Lief- und Ehistland oder von den beiden Statthalterschaften Riga und Reval. Riga: 6.
- Hang, T. & Miidel, A.**, 1999a. Late- and postglacial crustal movements. In: A. Miidel & A. Raukas (eds.), Lake Peipsi: Geology, Sulemees Publishers, Tallinn: 52-56.
- Hang, T. & Miidel, A.**, 1999b. Holocene history of the lake. In: A. Miidel & A. Raukas (eds.), Lake Peipsi: Geology, Sulemees Publishers, Tallinn: 131-135.
- Hang, T. & Miidel, A.**, 1999c. Lake deposits. Thickness and structure. In: A. Miidel & A. Raukas (eds.), Lake Peipsi: Geology, Sulemees Publishers, Tallinn: 59-61.
- Hang, T. & Miidel, A.**, 2008a. Peipsi järve areng hilisjäaajal ja pärast jääaega. Rmt: Haberman, J., Timm, T., Raukas, A. (toim.), Peipsi, Eesti Loodusfoto, Tartu: 57-62.
- Hang, T. & Miidel, A.**, 2008b. Põhjasetete paksus ja stratigraafiline liigestus. Rmt: Haberman, J., Timm, T., Raukas, A. (toim.), Peipsi, Eesti Loodusfoto, Tartu: 83-99.
- Hang, T., Kalm, V., Kihno, K. & Milkevičius, M.**, 2008. Pollen, diatom and plant macrofossil assemblages indicate a low water level phase of Lake Peipsi at the beginning of the Holocene. *Hydrobiologia* 599: 13-21.
- Helmersen, Gr. v.**, 1864. Der Peipussee und die obere Narova. Beiträge zur Kenntniss des Russischen Reiches. St. Petersburg: 58.
- Hiimäe, M., Liiv, E. & Adamson, G.**, 1999. Rahvapärимused Peipsi järvest. Rmt: Pihu, E., Raukas, A. (toim.), Peipsi, Tallinna Raamatutrükikoda, Tallinn: 202-207.
- Jaagus, J.**, 2007. Kliimakaardid. Rmt: Aunap, R. (koost.), Eesti atlas, Avita: 10-11.
- Jaani, A., Klaus, L., Pärn, O., Raudsepp, U., Zadonskaja, O., Gronskaja, T. & Solntsev, V.**, 2008. Hüdroloogia. Rmt: Haberman, J., Timm, T., Raukas, A. (toim.), Peipsi, Eesti Loodusfoto, Tartu: 113-155.
- Järvet, A. & Arold, I.**, 1999. Peipsi vesikonna pinnaehitus ja maastikud. Rmt: Pihu, E., Raukas, A. (toim.), Peipsi, Tallinna Raamatutrükikoda, Tallinn: 16-26.
- Karajev, G. & Potressov, A.**, 1969. Peipsi järve mõistatus. Eesti Raamat, Tallinn: 192 lk.

- Karukäpp, R.**, 2008. Peipsi nõo pinnamood ja maastikud. Rmt: Haberman, J., Timm, T., Raukas, A. (toim.), Peipsi, Eesti Loodusfoto, Tartu: 63-72.
- Kull, A.**, 2007. Tuulekaart. Rmt: Aunap, R. (koost.), Eesti atlas, Avita: 11.
- Kullus, L.-P.**, 1967. Peipsi pealetungist ja tuiskliivadest. Eesti Loodus: 643-645.
- Laasimer, L.**, 1965. Eesti NSV taimkate. Valgus, Tallinn: 398 lk.
- Lankots, J.**, 1995. Eesti suuremõõtkavaline kaardistamine aastail 1918-1940. Teaduse ajaloo lehekülgi Eestist. XI. Geograafia ajaloost Eestis, Tallinn: 79-91.
- Lankots, J.**, 2001. Eesti põhikaardi otstarve. Geodeet 24(48): 6- 9.
- Luigujõe, L., Kuresoo, A., Van Eerden, M. & Borissov, V.**, 2008. Linnustik. Rmt: Haberman, J., Timm, T., Raukas, A. (toim.), Peipsi, Eesti Loodusfoto, Tartu: 341-364.
- Mieler, A.**, 1926. Ein Beitrag zur Frage des Vorrückens des Peipus an der Embachmündung und auf der Peipusinsel Pirisaar in dem Zeitraum von 1682 bis 1900. Acta et comm. Univ. Tartuensis, A, 9, Nr.2: 1-19.
- Miidel, A.**, 2008. Maakoore nüüdisliikumised. Rmt: Haberman, J., Timm, T., Raukas, A. (toim.), Peipsi, Eesti Loodusfoto, Tartu: 25-28.
- Miidel, A. & Raukas, A.**, 1999. Peipsi nõgu ja selle arengulugu. Rmt: Pihu, E., Raukas, A. (toim.), Peipsi, Tallinna Raamatutrükikoda, Tallinn: 5-10.
- Mäemets, A. & Mäemets, H.**, 1999. Suurtaimed. Rmt: Pihu, E., Raukas, A. (toim.), Peipsi, Tallinna Raamatutrükikoda, Tallinn: 97-107.
- Mäemets, H., Freiberg, L., Palmik, K., Sudnitsõna, D. & Kozõreva, K.**, 2008. Suurtaimestik. Rmt: Haberman, J., Timm, T., Raukas, A. (toim.), Peipsi, Eesti Loodusfoto, Tartu: 227-240.
- Noormets, R., Hang, T., Miidel, A., Flodén, T. & Bjerkeus, M.**, 1998. Seismic stratigraphy of Quaternary deposits in Lake Peipsi, eastern Estonia. GFF 120(1): 47-52.
- Orviku, K.**, 1958. Märkmeid antropogeeni geoloogia uurimisest Eestis. Eesti Loodus, 4: 201-205.
- Orviku, K.**, 1992. Eesti mererandade ehitus ja arengutendentsid. Dissertationes Geologicae Universitatis Tartuensis, Tartu: 294 lk.
- Orviku, K.**, 1993. Nüüdisrandla. Rmt: Lutt, J., Raukas, A. (toim.), Eesti šelfi geoloogia, Eesti Teaduste Akadeemia, Tallinn: 29-39.
- Orviku, K., Bird, E., Martin, E.**, 1990. Reed encroachment on Estonian beaches. Eesti Teaduste Akadeemia toimetised. Geoloogia, Kd. 39, Nr. 1: 7-11.
- Pae, T.**, 1999. Eesti geograafilise statistika kujunemislugu mägede, järvede, jõgede ja saarte näitel. Bakalaureusetöö TÜ geograafia osakonnas: 46 lk

- Raukas, A.**, 2008a. Peipsi nõo pinnakatte koostisest ja setete vanusest. Rmt: Haberman, J., Timm, T., Raukas, A. (toim.), Peipsi, Eesti Loodusfoto, Tartu: 33-41.
- Raukas, A.**, 2008b. Peipsi põhjasetete koostis ja kujunemine. Rmt: Haberman, J., Timm, T., Raukas, A. (toim.), Peipsi, Eesti Loodusfoto, Tartu: 93-99.
- Rosentau, A., Hang, T. & Miidel, A.**, 2004. Simulation of the shorelines of glacial Lake Peipsi in Eastern Estonia during the Late Weichselian. *Geological Quarterly* 48(4): 299-307.
- Rumma, J.**, 1923. Eestimaa järvede ja saarte pindala. *Loodus*, nr. 10, 11: 625-636, 683-684.
- Rumma, J.**, 1924. Eestimaa järvede ja saarte pindala. *Loodus*, nr. 3,4,6,8,10, 11/12: 152-154, 212-214, 310-311, 418-420, 528-531, 587-589.
- Tartumaa**, 1923. Rumma, J., Granö, J. G., Veski, J. V. (toim.), *Koguteos "Eesti" I*, Tartu: 749 lk.
- Tavast, E.**, 2008. Peipsi rannad. Rmt: Haberman, J., Timm, T., Raukas, A. (toim.), Peipsi, Eesti Loodusfoto, Tartu: 101-111.
- Tavast, E. & Raukas, A.**, 1990. Peipsi randade seisund ja prognoos. Rmt: Timm, T. (koost.), Peipsi järve seisund, Eesti Teaduste Akadeemia, Tartu: 75-78.
- Torim, A.**, 1997. Riigi kõrguselise põhivõrgu renoveerimine. Käsikiri, Eesti TA Tartu Observatoorium, Tartu.
- Torim, A.**, 2004. Maakoore tõusust ja rannajoone muutusest Eestis. *Geodeet* 28(52): 57-62.
- Valt, E.**, 1976. Aruanne liiva ja kruusa otsimistööde tulemustest Peipsi järve piirkonnas. Käsikiri, Eesti NSV Geoloogia Valitsus, Keila.
- Varep, E.**, 1955. L.A. Mellini Liivimaa atlas ning selle tähtsus Eesti NSV territooriumi geograafilise uurimise ajaloos. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised, 1955, Nr. 2: 300-316.
- Varep, E.**, 1957. C. G. Rückeri Liivimaa spetsiaalkaardist 1839. a., Tallinn: 94 lk.
- Varep, E.**, 1960. Jooni Eesti kartograafia ajaloost. EGS publikatsioonid 1, Tallinn: 12-19.
- Vichmann, A.**, 1929. Peipsi järve kalda kindlustamine. *Tee ja Tehnika*, 8(87): 117-124.
- Virma, F.**, 1995. Eesti skeemiline katastrikaart ja tema kasutamise võimalused maareformi käigus. *Geodeet* 8: 19-22.
- Viru, R.**, 1995. Baaskaardi olemusest. *Geodeet* 8: 30-34.
- Zur Mühlen, L.**, 1918. Zur Geologie und Hydrologie des Wirzjerv-Sees. *Abhandl. der Kgl. Preuss. Geol. Landesanstalt und Bergen-Akademie zu Berlin*, 83: 14-92.

Орвику, К., 1974. Морские берега Эстонии. Таллинн: 126 с.

Раукас, А. & Ряхни, Э., 1969. О геологическом развитии впадины и бассейнов Чудского и Псковского озер. Известия Академии Наук Эстонской ССР, Химия, Геология 18(2): 113-127.

Раукас, А. & Ряхни, Э., 1981. Структурные типы донных отложений Псковско-Чудского озера и особенности их формирования. В кн.: А. В. Раукас (ред.), Донные отложения Псковско-Чудского озера, Академия Наук Эстонской ССР, Таллин: 7-22.

Соколов, А. А., 1941. Чудско-Псковское озеро. М.- Л.

Соколов, А. А., 1983. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Чудско-Псковское озеро. Ленинград Гидрометеониздат: 22-23.

Шмидт, Ф., 1883. Предварительный отчет об исследованиях, проведенных летом 1882 года в Прибалтийском крае. Известия Геологического комитета 2(5): 107-123.

Internetiviited:

Mitteametlik Piirissaare lehekülg. Saadaval: <http://piirissaar.pri.ee>, loetud 15.03.2007

Piirissaare arengukava 2006-2013. - Elektrooniline Riigi Teataja. Saadaval: <http://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=12749970>, loetud 4.04.2008

Statistikaamet, 2000. Rahvastiku andmed elukoha, vanuse ja rahvuse järgi.

Rahvaloendus 2000. Saadaval: <http://www.stat.ee/>, loetud 22.03.2008

Statistikaamet, 2007. Rahvastikunäitajad ja koosseis, seisuga 1. jaanuar 2007. Statistika andmebaas. Saadaval: <http://www.stat.ee/>, loetud 22.03.2008

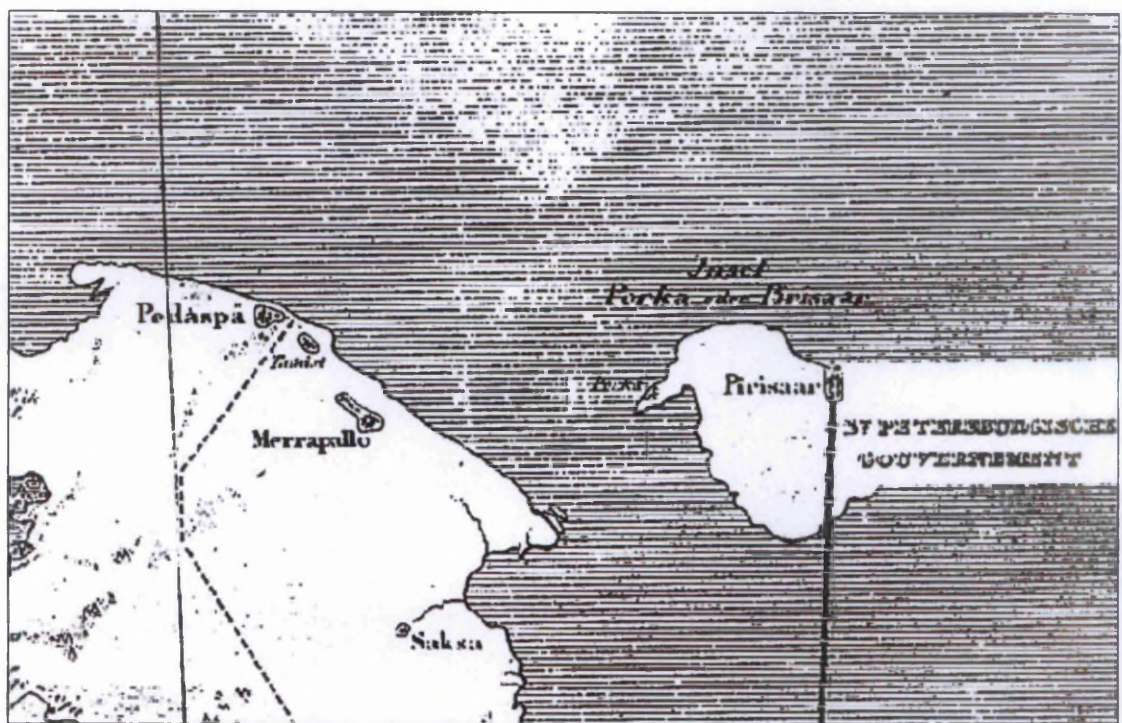
Maa-amet. Saadaval: <http://www.maaamet.ee/>

Lisad

Lisa 1

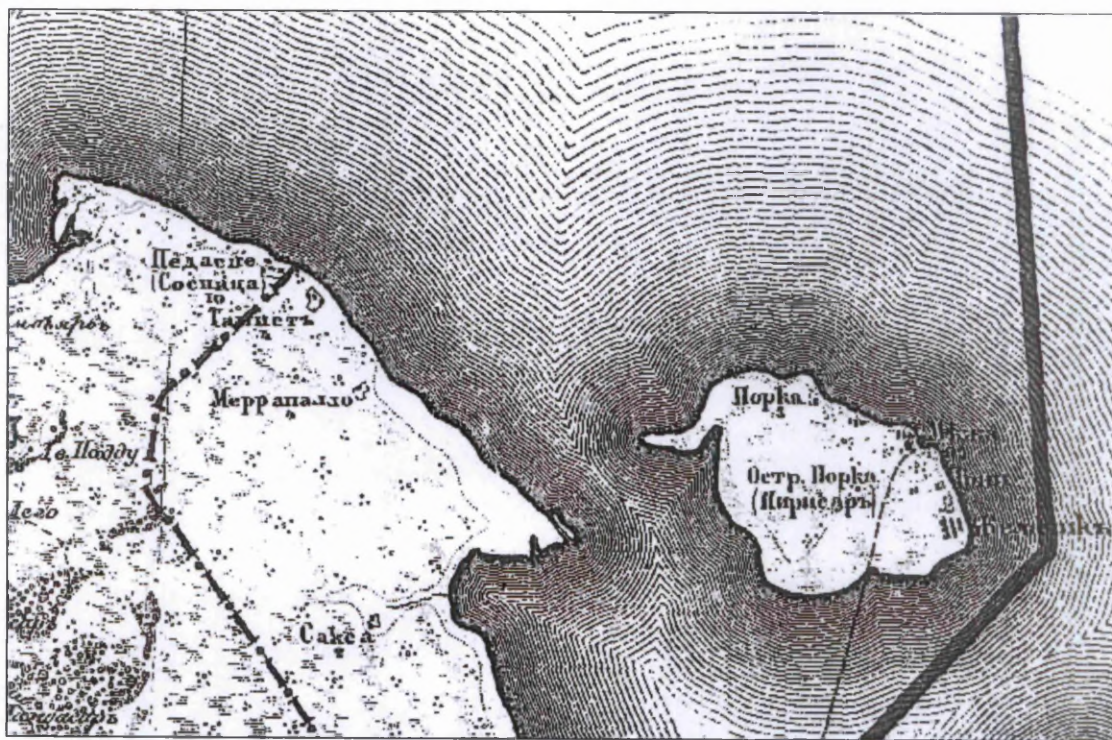


Piirissaar A. Mellini kaardil (1796), mõõtkava u. 1:200 000.



Piirissaar C. G. Rückeri kaardil (1839), mõõtkava 1:184 275.

Lisa 3



Piirissaar Vene kolmeverstasel kaardil (u. 1850), mõõtkava 1:126 000.

Lisa 4



Piirissaar 2006. aasta ortofotol, ülelend 30. juunil.

Lisa 5



Lämmijärv 13. sajandil raamatust “Peipsi järve mõistatus” (Karajev & Potressov, 1969).

RETSENSIOON

Brit Peensoo bakalaureusetööle

Piirissaare randade iseloomustus, rannajoone muutused ajas ja selle võimalikud põhjused

Bakalaureusetöö on teostatud Tartu Ülikooli geograafia osakonna juures. Bakalaureusetöö ülesandeks oli analüüsida Piirissaare pindala ning rannajoone muutusi ajas ja anda hinnang saare pindala vähenemise seisukohale.

Brit Peensoo bakalaureusetöö koosneb sissejuhatusest, viiest peatükist, eesti- ja ingliskeelsest kokkuvõttest, tänuavaldustest, kasutatud kirjanduse loetelust ja lisadest. Bakalaureusetöö maht koos lisadega on 60 lehekülge. Sissejuhatuses on antud taustinformatsioon Piirissaare pindala muutuste kohta ning formuleeritud bakalaureusetöö ülesanded ja kirjeldatud töö metoodikat. Esimeses peatükis on antud detailne loodusgeograafiline uuringuala ülevaade ja ülevaade uuringuala varasemast uuritusest. Teises peatükis on ära toodud töös kasutatav metoodika, kaardimaterjalid ja välitööde kirjeldus. Kolmas peatükk kuulub töö tulemuste kirjeldamisele ja jaguneb kaheks. Esimene osa keskendub rannakirjeldusele ja teine osa kaardi ja ortofotode võrdlusele. Tulemused on rohkelt illustreeritud; kasutatud on selgitavat fotomaterjali, kaldaprofiilide iseloomustamise tarvis on koostatud skeemid, randlatüüpide ja erimite klassifitseerimise tulemused on ära toodud kokkuvõtlikku tabelina. Neljas peatükk keskendub eelnevate tööde võrdlemisele, analüüsile ning Piirissaare rannajoone muutuste põhjustele. Viiendas peatükis on formuleeritud loeteluna töö järeldused. Töö kokkuvõtted on sõnastatud eesti ja inglise keeles bakalaureusetöö viimases osas.

Retsensendina leian, et töö on teostatud ajakohasel teemal, eriti, kui arvestada asjaolu, et senini on olnud ja on jätkuvalt lõpuni uurimata Piirissaare rannajoone muutuste põhjused. Ka töö üks peamisi tulemusi kinnitab selle probleemi aktuaalsust – Vastupidiselt üldlevinud arusaamale Piirissaare pinda vähenemisest see hoopis suureneb.

Retsensendil on mõned märkused seoses töö vormistamisega. Loodusgeograafia valdkonnas teostatud töölt oleks oodanud veidi korrektsemat viitamist kasutatud tarkvarale. Kuigi sisuliselt see ei muuda antud töö tulemusi, tekitab erinevatest lühenditest arusaamine tihti peale raskusi. Mõned näited:

Lk 3 on kirjas: Rannajoone ning saare pindalade võrdluse erinevate kaartide põhjal teostati osaliselt visuaalselt, osaliselt digitaalselt programmis ArcMap. – Esiteks, ei leia antud programmile viidet; teiseks, ei ole selle programmi kohta toodud ka informatsiooni kasutatud kirjanduse juures. Sama küsimus lk 13 programmi Goredraw kohta.


Kaartide koordinaatsüsteemide kirjeldamisel lk 15 oleks võinud täpsemalt lahti selgitada, mida kujutavad endast süsteemid; L-EST, TM-Balti ja O? (palun selgitada)

Samuti oleks oodanud selgemat sõnastust töö sissejuhatuses. Lk 3 on kirjas: Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on analüüsida Piirissaare pindala ning rannajoone muutusi ajas ja anda hinnang levinud saare pindala vähenemise seisukohale. Ja lausele: Rannajoone ning saare pindalade võrdluse erinevate kaartide põhjal teostati osaliselt visuaalselt, osaliselt digitaalselt programmis ArcMap. Grammatiliselt ei tundu esimese lause viimane osa kuigi korrektne. Teise lause puhul jääb aga segaseks lause esimene pool.

Vaatamata ülaltoodule on üldine mulje bakalaureusetööst väga hea. On olemas selge ülesanne ja üksikasjalikult on ära toodud kõik tegevused ning nende analüüs. Samuti on töös väga selgelt välja toodud saadud järeldused. Võib-olla natuke rohkem oleks oodanud analüüsi seoses Peipsi järve veetaseme muutustega asjas ja selle mõjuga Piirissaare pindalale. Sellega seoses esitan küsimuse:

Kas Peipsi järve veetaseme kõikumisi tuleks Piirissaare pindala muutuste seisukohast täpsemalt uurida?

Loen Brit Peensoo bakalaureusetöö igati vastavaks bakalaureusetöödele esitatavatele nõuetele ja loen Brit Peensoo bakalaureusekraadi vääriliseks. Soovitan hinnata töö hindega „väga hea“.

 25.05.09

Roomet Leiger

Doktorant, keskkonnatehnoloogia (Tartu Ülikool)

TÜ Eesti Mereinstituut